

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

**Approche d'un didacticiel**

**Étude des mouvements rectilignes**

Vroman, Marie-Noël

*Award date:*  
1993

*Awarding institution:*  
Université de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix  
Institut d'Informatique  
Rue Grandgagnage, 21  
B-5000 NAMUR

**Approche d'un didacticiel :**

**Etude des mouvements  
rectilignes**

Marie-Noël Vroman

Mémoire présenté en vue d'obtenir le grade de  
Licencié et Maître en Informatique

**Promoteur : Claude Cherton**

Année académique 1992 - 1993

## Résumé :

Ce mémoire décrit un didacticiel qui pourra être utilisé en quatrième secondaire pour apprendre les mouvements rectilignes. Le didacticiel s'apparente aux cours programmés tout en évitant leurs pièges.

Le professeur peut écrire **ses propres exercices** qui, par la suite, seront proposés aux étudiants.

Les étudiants peuvent résoudre les exercices tout en étant **guidés par le logiciel**.

La réalisation du didacticiel se base sur des associations entre un énoncé rédigé en français et une description mathématique de la résolution.

## Abstract:

This paper describes a tutorial that can be used in fourth secondary to teach the linear motions. The tutorial is like programmed lectures, but avoids their traps.

The teacher can write his own exercises that will be later proposed to the students.

Guided by the tutorial, the students can resolve these exercises.

The realization of the tutorial is based on associations between a statement written in French and description of the mathematical resolution.

Je tiens à remercier Monsieur Cherton pour sa grande disponibilité et ses conseils sans lesquels ce mémoire n'aurait pu aboutir.

Je remercie également ceux qui ont pris le temps de lire le texte et d'apporter quelques idées pour le rendre plus clair.

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Première partie : présentation du didacticiel .....</b>	<b>4</b>
Chapitre 1 : L'éditeur d'énoncé.....	8
Chapitre 2 : L'accompagnateur de résolution.....	17
Chapitre 3 : L'aide.....	22
<b>Deuxième partie : mode d'emploi.....</b>	<b>32</b>
Chapitre 1 : L'éditeur d'énoncé.....	32
Chapitre 2 : L'accompagnateur de résolution.....	57
<b>Troisième partie : implémentation.....</b>	<b>71</b>
<b>Conclusions .....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>81</b>

### 1. But du didacticiel

Le didacticiel présenté ici est destiné à des étudiants de quatrième secondaire. Il a pour objet l'étude des mouvements rectilignes à vitesse constante (MRU) et des mouvements rectilignes uniformément accélérés (MRUA) ; et plus exactement :

- d'aider les étudiants dans la mise en équations mathématiques de problèmes sur ces mouvements posés en langage naturel et, ensuite,
- de les aider à résoudre l'exercice.

Une étude préalable des lois relatives à ces mouvements est nécessaire. Dès que ces lois sont connues, l'étudiant peut utiliser le didacticiel, seul ou avec l'aide du professeur éventuellement, pour faire différents exercices.

### 2. Originalités du didacticiel

La plupart des didacticiels actuels sont en fait des cours programmés automatiques où le professeur doit prévoir tout ce que pourrait faire l'étudiant et préciser ce qu'il y a lieu de faire dans chacun des cas. De ce fait, tous les types de réactions possibles doivent être prévus dès la conception du système. Par contre, dans le système présenté ici, la tâche du professeur est facilitée : il décrit seulement une résolution et le système se charge de voir si celle de l'étudiant est équivalente. Le professeur sera quand même fort sollicité pour prévoir l'aide qui sera apportée à l'étudiant, mais une grande partie de cette aide sera générée automatiquement par le système. Il suffira alors bien souvent au professeur de franciser les phrases.

Remarquons aussi que ce didacticiel a pour but principal de guider l'étudiant plutôt que de le censurer. On ne se contente pas de signaler à l'étudiant les erreurs comme c'est trop souvent le cas. L'étudiant sera plutôt encouragé à poursuivre un exercice un peu difficile car il sait que le système peut l'aider.

Une autre originalité, sur le plan pédagogique cette fois, est que l'on va tenter le plus possible d'empêcher l'étudiant de résoudre les exercices de façon automatique. Avec la plupart des didacticiels actuels, l'étudiant apprend à résoudre un exercice d'une façon bien précise, toujours la même. Cela pourrait conduire à une résolution correcte alors que l'étudiant n'aurait pas compris la démarche. Pour empêcher cela, l'étudiant choisit ses propres étapes dans l'ordre qu'il veut. De plus, c'est à lui que reviennent les initiatives : il est libre de commencer la

résolution où bon lui semble. Et enfin, chaque fois que l'étudiant avance d'une étape vers la solution, le système lui demande la raison pour laquelle il a fait telle ou telle chose. Il y a donc trois règles d'or à retenir : liberté, initiative et réflexion.

Les didacticiels qui existent pour l'instant ne proposent, en général, de l'aide à l'étudiant qu'une fois le problème traduit mathématiquement. Une des originalités de ce didacticiel-ci est qu'il va déjà suivre l'étudiant lors de la mise en équations mathématiques de l'énoncé. Pour avoir un avant-goût du "comment ça marche", nous pouvons déjà dire que le système permet de mettre en rapport des éléments de l'énoncé avec des éléments des équations. Le professeur et l'étudiant associeront donc un maximum de leurs grandeurs avec leur expression dans l'énoncé. Grâce à ces associations, le système pourra faire le lien entre les grandeurs de la résolution de l'étudiant et celles choisies par le professeur. Dans le schéma ci-dessous, le système pourra faire le lien entre la grandeur  $v_T$  du professeur et la grandeur que l'étudiant a appelée *vitesse*.

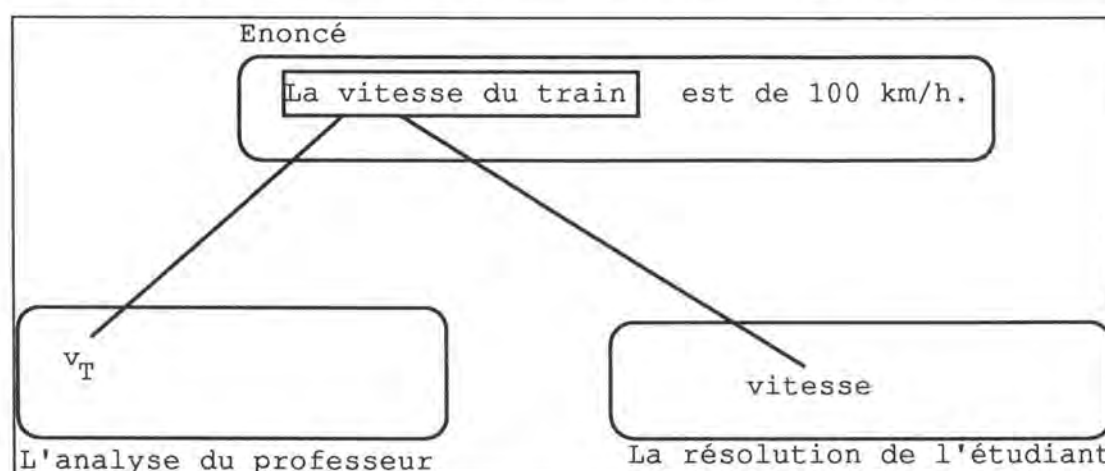


Figure 0.1 : Un exemple simple montrant le lien entre une grandeur du professeur et une grandeur de l'étudiant.

Une dernière originalité du didacticiel est qu'il est très souple. Nous avons en effet veillé à ce que le professeur puisse choisir un maximum d'options pédagogiques. Il pourra entre autres choisir et concevoir ses propres exercices.

### 3. Composants du didacticiel

D'un point de vue extérieur, le didacticiel se divise en deux parties. Il faut en effet distinguer deux sortes d'utilisateurs : le professeur d'une part et les étudiants d'autre part.

#### **L'éditeur d'énoncé**

Le professeur pourra écrire des énoncés et décrire leur résolution. Il le fera à l'aide de **l'éditeur d'énoncé**. Celui-ci permet, dans un premier temps, la saisie de l'énoncé et ensuite guide le professeur dans la description de la résolution.

#### **L'accompagnateur de résolution**

L'étudiant devra résoudre l'exercice proposé. A l'aide de **l'accompagnateur de résolution**, l'étudiant pourra mettre le problème en équations et le résoudre. Lors de toutes ces étapes, l'étudiant sera guidé par l'accompagnateur de résolution.

### 4. Description générale du document

Ce document est divisé en plusieurs parties.

Dans la première partie, le didacticiel est présenté de façon générale : les concepts utilisés, la façon dont le didacticiel marche sans penser déjà à une implémentation.

Dans la deuxième partie, l'utilisation du didacticiel est décrite d'abord pour le professeur, ensuite pour l'étudiant.

Dans la troisième partie, nous verrons une description de l'implémentation. Il ne s'agit pas d'une implémentation à proprement parler mais plus exactement de la description des structures de données nécessaires à une implémentation.

Enfin, la dernière partie présente quelques conclusions.



## 0. Préliminaires

Pour pouvoir comprendre la suite, nous avons isolé quelques concepts que nous présentons ici. Ces concepts seront utilisés tout au long du mémoire.

### 0.1. Remarque

Pour faciliter la compréhension, nous nous référerons souvent à l'énoncé suivant pour donner des exemples :

Enoncé :

*"Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de temps se rencontrent-ils?"*

### 0.2. Quelques concepts

#### a) Mouvement

Un mouvement rectiligne est défini par un mobile (celui qui est en mouvement) et un type de mouvement (à vitesse constante ou uniformément accéléré). Un même mobile peut avoir différents mouvements qui lui sont associés à des moments différents. Pour les différencier, on utilisera des indices.

Dans notre exemple, il y a trois mouvements : dans l'ordre d'apparition dans l'énoncé, un mouvement à vitesse constante pour le premier train, un mouvement accéléré pour le deuxième et enfin, un mouvement à vitesse constante également pour le deuxième train.

#### b) Paramètre et variable

Un mouvement fait intervenir différentes grandeurs. Nous appellerons paramètres les grandeurs qui gardent la même valeur au cours du temps et variables celles qui changent de valeur. Ces variables peuvent être vues comme des fonctions du temps.

Ces variables et ces paramètres peuvent recevoir plusieurs noms : un nom donné par le professeur, un nom donné par l'étudiant. Ces noms peuvent être différents ce qui est

intéressant d'un point de vue pédagogique. Nous verrons plus loin en détail comment ces différentes grandeurs sont mises en rapport<sup>1</sup>.

Une variable se voit donc attribuer différentes valeurs au cours du temps. Pour éviter toute confusion, nous appellerons variable  $x$  arrêtée au temps  $t$  ce que l'on écrit en général  $x(t)$ . Une variable arrêtée pourrait être considérée en fonction d'une autre variable que le temps. Par soucis d'uniformisation, nous ne les considérons qu'en fonction du temps.

### ***Paramètre donné - variable arrêtée donnée***

Nous appellerons paramètres donnés, les paramètres dont la valeur est directement définie par le texte implicitement ou explicitement. De la même façon, nous appellerons variables arrêtées données au temps  $t$ , les variables dont on connaît la valeur au temps  $t$ .

Dans notre exemple, la vitesse initiale du deuxième train est connue implicitement ("le train démarre") et la vitesse du premier explicitement ("le premier roule du 110 km/h"). Il s'agit de deux paramètres donnés. Il est bon de remarquer que l'on pourrait considérer la vitesse initiale du deuxième train comme la variable vitesse arrêtée au temps  $t = 0$  sec ou comme le paramètre vitesse initiale. Nous avons choisi de considérer les vitesses initiales, les temps initiaux et les espaces parcourus initiaux comme des paramètres.

### ***Paramètre intermédiaire - variable arrêtée intermédiaire***

Les paramètres intermédiaires sont ceux dont on ne donne pas la valeur dans l'énoncé mais dont on doit normalement se servir pour résoudre l'exercice. Il n'est pas demandé explicitement dans l'énoncé de les calculer.

Dans notre exemple, l'accélération constante du deuxième train est un paramètre intermédiaire.

Les variables arrêtées intermédiaires sont aussi les variables arrêtées dont il faut calculer la valeur parce qu'elle est nécessaire pour parvenir à la solution alors qu'il n'est pas demandé pas explicitement dans l'énoncé de les calculer.

La distance parcourue par le deuxième train pendant sa phase d'accélération est une variable arrêtée intermédiaire.

### ***Paramètre résultat - variable arrêtée résultat***

Les paramètres résultat sont ceux dont il faut déterminer la valeur pour que l'exercice soit résolu. Ainsi que les variables arrêtées résultat sont celles dont il faut déterminer la valeur pour que l'exercice soit résolu.

---

<sup>1</sup> Voir le point d) dans ce même chapitre. (page 6)

Dans notre exemple, il n'y a qu'une seule variable arrêtée résultat et aucun paramètre résultat. La variable arrêtée résultat est le temps mis par les deux trains pour se rencontrer.

### **c) Champ**

Tant au cours de la préparation que lors de la résolution, il est possible de sélectionner des parties de l'énoncé. Une partie d'énoncé ainsi sélectionnée sera appelée "champ".

#### ***Mots clés***

En cours de préparation, lorsque le professeur a défini un champ, il peut y désigner un ou plusieurs mots que nous appellerons "mots clés" du champ considéré.

#### ***Champs équivalents***

Nous dirons que le champ sélectionné par un étudiant est équivalent à un de ceux définis par le professeur quand le champ de l'étudiant est contenu dans celui du professeur. **Le professeur prendra donc soin de sélectionner les champs les plus longs possibles.**

Si le professeur avait choisi un ou plusieurs mots clés dans ce champ, il faut en plus que le champ de l'étudiant contienne au moins un de ces mots clés.

Dans notre énoncé, imaginons que le professeur a sélectionné "Le deuxième démarre", à la deuxième ligne et qu'il y a choisi le mot clé "démarre". L'étudiant peut alors sélectionner "démarre" ou "deuxième démarre" ou "Le deuxième démarre" : ces champs sont tous équivalents à celui du professeur. Choisir le mot clé "démarre" permet au professeur d'empêcher que le champ "Le deuxième" ou le champ "Le" ne soient considérés par le système comme équivalents au champ "Le deuxième démarre".

### **d) Lien entre les grandeurs du professeur et celles de l'étudiant**

Comme nous l'avons déjà lu dans l'introduction, le traitement par le système de la résolution de l'étudiant repose sur le fait qu'il est possible de relier les grandeurs de l'étudiant avec celles du professeur. Cette correspondance entre les grandeurs nous est donnée grâce à l'équivalence des champs qui vient d'être expliquée.

Comme nous le verrons par la suite, le professeur doit associer, chaque fois que c'est possible, les grandeurs ou les valeurs qu'il utilise avec des champs de l'énoncé. Dans ces champs, il peut choisir un ou plusieurs mots clés. Lorsque l'étudiant résout l'exercice, il doit aussi associer les éléments qu'il utilise avec des champs de l'énoncé. Le système recherche alors à quel champ précédemment sélectionné par le professeur le nouveau champ de l'étudiant correspond. Si le champ de l'étudiant est ambigu, c'est-à-dire, s'il correspond à plusieurs champs du professeur ou à aucun, il est refusé.



Dans la figure suivante, sont représentées les associations faites entre 2 grandeurs et leur expression dans l'énoncé. Le point en dessous du mot vitesse représente le mot clé, minimum à sélectionner par l'étudiant.

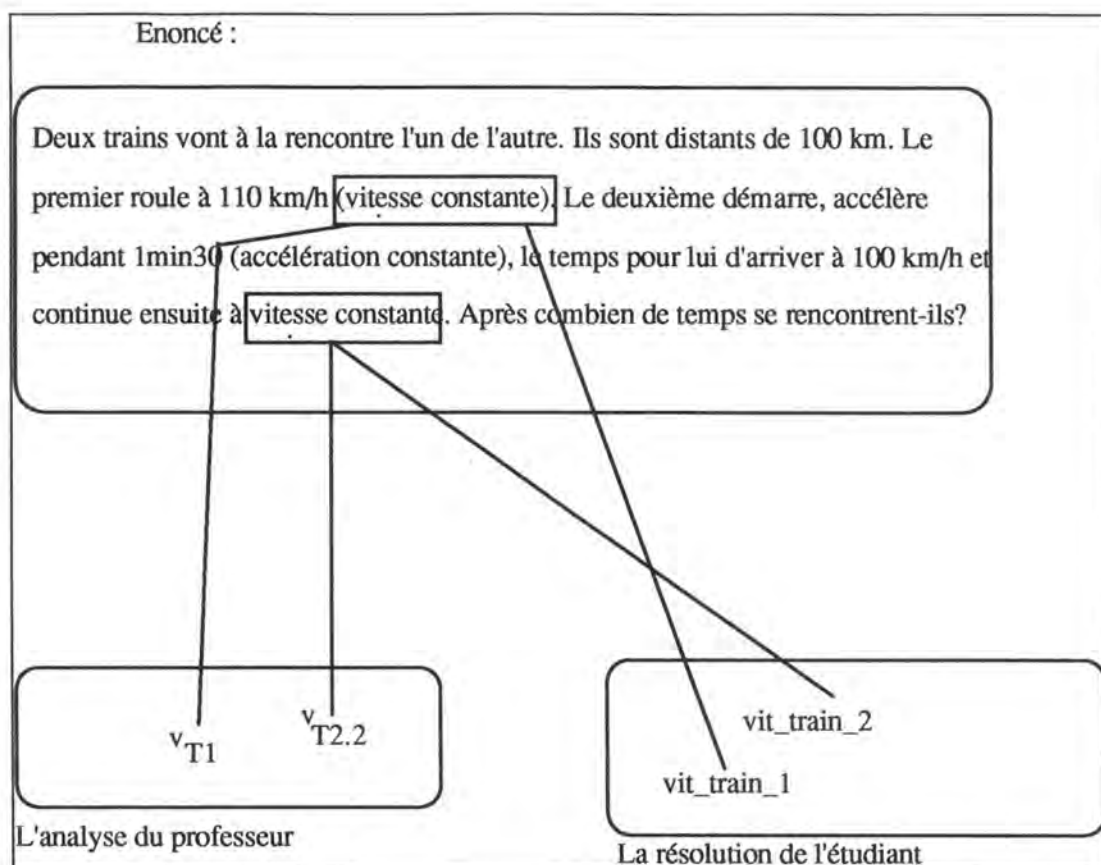


Figure 0.1 : Exemple de liens entre les grandeurs du professeur et celles de l'étudiant.

Grâce à cette méthode, il est aisé de connaître le rôle des éléments de l'étudiant. Cet exemple a aussi été choisi pour montrer qu'un même groupe de mots ("vitesse constante") peut avoir deux significations tout à fait différentes en fonction de l'endroit de la sélection dans l'énoncé : ici, vitesse du premier train ou vitesse du deuxième train pendant sa phase non accélérée.

L'association entre les grandeurs et des champs de l'énoncé n'est pas le seul moyen d'associer une sémantique à une variable nommée par l'étudiant et donc d'associer les "variables étudiant" et les "variables professeur" : nous verrons que l'étudiant aura la possibilité de décrire le rôle des grandeurs qu'il ne peut relier à l'énoncé.

Maintenant que ces quelques concepts ont été précisés, nous pouvons regarder les deux parties principales du didacticiel : son éditeur d'énoncé et son accompagnateur de résolution.

## Chapitre 1 : L'éditeur d'énoncé

L'éditeur d'énoncé est la partie du logiciel qui sera utilisée par le professeur. Dans un premier temps, l'éditeur propose au professeur d'écrire l'énoncé. Ensuite, il lui propose de décrire sa résolution. Le professeur devra ensuite donner la liste des formules qui seront proposées à l'étudiant pour résoudre l'exercice.

Nous verrons à la fin de ce chapitre les qualités que doit avoir un énoncé pour pouvoir être traité par ce logiciel.

### 1.1. Saisie de l'énoncé

Le premier rôle de l'éditeur d'énoncé est de permettre sa saisie. A l'invite du système, le professeur devra donc taper l'énoncé.

### 1.2. Description de l'énoncé

Le professeur devra décrire son énoncé pour que le système puisse le traiter.

Un énoncé décrit est en fait un énoncé où le professeur aura :

- séparé les différents mouvements qui le composent,
- mis en relation les variables de ces mouvements et leur expression dans l'énoncé,
- donné les relations entre les différents mouvements de l'énoncé s'il y en a et, enfin,
- prévu des questions qui permettront d'aider l'étudiant en cas de difficulté ou simplement qui permettront à l'étudiant de préciser ce qu'il a fait.

Nous dirons que les trois premières étapes définissent les mouvements et que la quatrième définit l'aide.

Dans notre exemple, le professeur devra donc :

- isoler 3 mouvements : un pour le premier train et deux pour le deuxième ;
- ensuite, il devra associer des champs de l'énoncé avec les grandeurs ou les valeurs des mouvements : le champ "vitesse constante" à la deuxième ligne associé à la variable mise pour la vitesse du premier train ainsi que "temps" à la quatrième ligne avec la variable  $t_{\text{cherché}}$  mise pour le temps cherché ;
- ensuite, il donnera les relations entre les mouvements :
  - l'espace parcouru par le premier train pendant un temps  $t_{\text{cherché}}$  doit être égal à l'espace parcouru par le deuxième train pendant ce même temps  $t_{\text{cherché}}$ ,

- le temps initial à considérer pour le deuxième train pour sa phase à vitesse constante vaut le temps que ce deuxième train met pour arriver à 100 km/h lors de sa phase d'accélération,
- l'espace parcouru initial par le deuxième pour sa phase à vitesse constante vaut l'espace parcouru par le même train pendant sa phase d'accélération ;
- enfin, le professeur proposera des questions qui permettront d'encadrer l'étudiant (nous en verrons quelques exemples plus loin<sup>2</sup>).

Maintenant que nous savons ce qu'est un énoncé décrit, nous pouvons regarder plus en détail comment le décrire.

### 1.2.1. Définir un mouvement

#### *a) Séparer différents mouvements*

Comme il a déjà été dit, un mouvement est défini par un mobile (train, voiture, ...) et un type de mouvement (MRU pour mouvement rectiligne uniforme - vitesse constante - et MRUA pour mouvement rectiligne uniformément accéléré). Si plusieurs mouvements s'appliquent au même mobile à des moments différents, on les distingue par des indices alphanumériques.

Pour mettre un mouvement en évidence, le professeur doit donc donner le nom du mobile en mouvement et dire s'il est soumis à une accélération (accélération constante) ou non (vitesse constante).

Il pourra ensuite mettre en rapport le nom du mobile avec son expression dans l'énoncé.

Pour distinguer les mouvements associés à un mobile des mouvements associés aux autres mobiles, le professeur peut choisir un indice alphanumérique qui représente ce mobile. S'il ne le fait pas la génération se fera automatiquement selon l'ordre alphabétique. L'indice alphanumérique peut comprendre plusieurs caractères. On peut choisir, par exemple, T1 pour le premier train, T2.1 et T2.2 pour le deuxième train selon qu'il est en phase d'accélération ou non.

Chaque mouvement reçoit un nom généré automatiquement à l'aide des indices et du type de mouvement :  $MRU_{T2.2}$  s'il s'agit du deuxième mouvement du deuxième train et que ce mouvement n'est pas accéléré,  $MRUA_{T2.1}$  s'il s'agit du premier mouvement du deuxième train et que ce mouvement est accéléré. (Toujours se référer à l'exemple du point 2.0.).

---

<sup>2</sup> Voir le point 1.2.2. dans ce même chapitre. (page 14)

Dans le tableau suivant, nous avons indiqué pour chaque mouvement le nom du mobile en mouvement (première colonne), le type du mouvement (deuxième colonne), l'indice généré automatiquement par le système (troisième colonne), l'indice choisi par le professeur (quatrième colonne) et, enfin, le nom du mouvement que le système pourra générer (dernière colonne).

Nom du mobile	Type du mouvement	Indice automatique	Indice choisi	Nom du mouvement
le premier train	MRU	A	T1	MRU <sub>T1</sub>
le deuxième train (phase d'accélération)	MRUA	B	T2.1	MRUA <sub>T2.1</sub>
le deuxième train (phase non accélérée)	MRU	C	T2.2	MRU <sub>T2.2</sub>

Les indices automatiques 'A', 'B' et 'C' ne seront plus utilisés puisqu'ils ont tous été rebaptisés.

#### ***b) Donner les relations entre l'énoncé et les variables***

Chaque fois qu'un nouveau mouvement est mis en évidence, les variables et les paramètres relatifs à ce mouvement reçoivent automatiquement un nom. Ces variables et ces paramètres héritent des indices du mouvement.

Pour un mouvement à vitesse constante, les variables et les paramètres générés sont :

- e0, pour l'espace parcouru initial,
- t0, pour le temps initial,
- v, pour la vitesse,
- t, pour le temps et
- e, pour l'espace parcouru.

Pour un mouvement uniformément accéléré, ces variables et paramètres sont :

- e0, pour l'espace parcouru initial,
- t0, pour le temps initial,
- v0, pour la vitesse initiale,
- a, pour l'accélération,



- e, pour l'espace parcouru,
- t, pour le temps et
- v, pour la vitesse.

Dans notre exemple, si le professeur isole le mouvement à vitesse constante du premier train et qu'il lui donne T1 comme indice alphanumérique, les variables et les paramètres générés seront donc :  $e_{0T1}$ ,  $t_{0T1}$ ,  $v_{T1}$ ,  $t_{T1}$  et  $e_{T1}$ .

Le professeur peut rebaptiser les variables et les paramètres ainsi générés. Il pourra par exemple renommer  $e_{0T1}$  en  $esp\_init\_T1$ .

Dans les mouvements, on peut vouloir considérer les variables à différents moments. Le professeur peut donner un nom à ces mouvements. Les variables arrêtées à ces moments vont recevoir un nom généré automatiquement par la juxtaposition du nom de la variable et du moment considéré placé entre parenthèses. Ainsi, le professeur ayant baptisé le moment à calculer  $t\_cherché$ , le nom de la variable arrêtée  $e_{T1}(t\_cherché)$  peut être généré.

A chaque grandeur, le professeur peut associer une partie de l'énoncé (ce que nous avons appelé champs) qui est en fait la désignation de la grandeur dans l'énoncé. Cette association permettra au système de faire le lien entre l'énoncé et les équations régissant les mouvements et, par là, de guider l'étudiant pendant sa résolution. Dans notre exemple, le professeur associera la variable  $v_{T1}$  générée pour la vitesse du premier train au champ de l'énoncé "vitesse constante" à la deuxième ligne.

Pour chaque grandeur donnée, le professeur donnera sa valeur. Dans notre exemple, il dira que  $v_{T1}$  vaut 110 km/h. Tout comme pour les grandeurs (variable ou paramètre), le professeur peut associer ces valeurs à une partie de l'énoncé.

Le tableau suivant reprend tous les paramètres, toutes les variables et toutes les valeurs que le professeur utilisera dans la description de la résolution. Dans la première colonne est indiqué le nom de la grandeur automatiquement généré par le système, dans la deuxième, la façon dont le professeur pourrait choisir de rebaptiser cette grandeur. Dans la quatrième colonne, est donnée la valeur de la grandeur. La troisième et la cinquième colonne indiquent où trouver l'expression de la grandeur ou de la valeur dans l'énoncé. Dans la pratique, les noms générés automatiquement ne sont plus utilisés une fois qu'ils sont rebaptisés.

nom généré	nouveau nom	énoncé	valeur	énoncé
$e_{0T1}$	$esp\_init\_T1$		0 m	
$t_{0T1}$	$t\_init\_T1$		0 s	



$v_{T1}$		"vitesse constante" (2 <sup>e</sup> ligne)	110 km/h	"110 km/h" (2 <sup>e</sup> ligne)
$t_{T1}$	$t_{\text{cherché}}$	"temps" (4 <sup>e</sup> ligne)	?	
$e_{T1}(t_{\text{cherché}})$			?	
$e_{0T2.1}$			100 km	"100 km" (1 <sup>ère</sup> ligne)
$t_{0T2.1}$			0 s	
$v_{0T2.1}$			0 m/s	
$a_{T2.1}$		"accélération constante" (3 <sup>e</sup> ligne)	?	
$t_{T2.1}$	$t_{\text{tot\_acc}}$	"le temps pour lui d'arriver à 100km/h" (3 <sup>e</sup> ligne)	1 min 30	"1 min 30" (3 <sup>e</sup> ligne)
$e_{T2.1}(t_{\text{tot\_acc}})$			?	
$v_{T2.1}(t_{\text{tot\_acc}})$			-100 km/h	"100 km/h" (3 <sup>e</sup> ligne)
$e_{0T2.2}$			?	
$t_{0T2.2}$			?	
$v_{T2.2}$		"vitesse constante" (4 <sup>e</sup> ligne)	-100 km/h	"100 km/h" (3 <sup>e</sup> ligne)
$t_{T2.2}$	$t_{\text{cherché}}$	"temps" (4 <sup>e</sup> ligne)	?	
$e_{T2.2}(t_{\text{cherché}})$			?	

Le graphique suivant nous permet de mieux visualiser les sélections dans l'énoncé mises en relation avec les différentes grandeurs et valeurs.

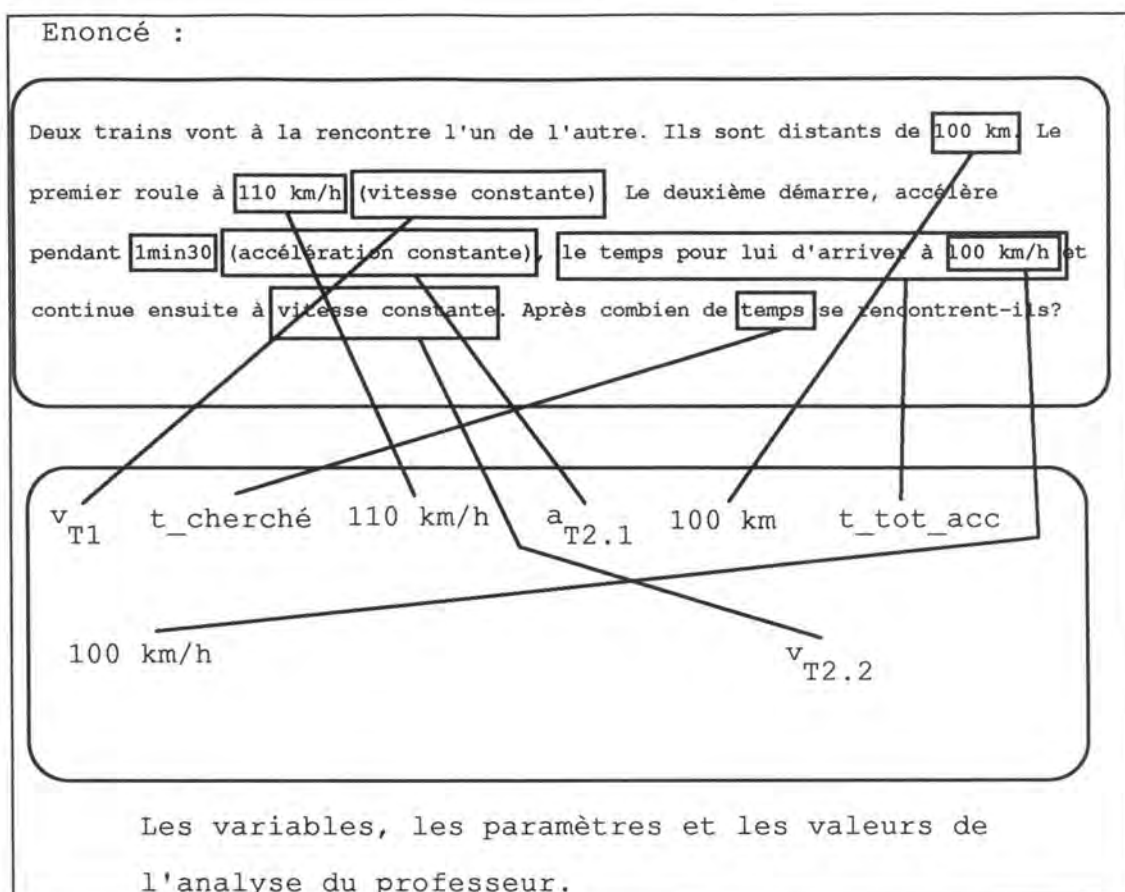


Figure 1.2. Relations entre les grandeurs et les valeurs de l'analyse du professeur et leur expression dans l'énoncé.

### c) Relier les différents mouvements

Pour décrire complètement l'exercice de façon à ce qu'il puisse être résolu par le système, il reste encore à donner les relations entre les mouvements.

Le professeur donne à l'aide d'expressions n'utilisant que les paramètres des mouvements les différentes relations entre ceux-ci.

Dans notre exemple, le professeur écrira :

$$e_{T1}(t_{\text{cherché}}) = e_{T2.2}(t_{\text{cherché}}),$$

$$e_{T2.2} = e_{T2.1}(t_{\text{tot\_acc}})$$

$$t_{T2.2} = t_{\text{tot\_acc}}$$

#### 1.2.2. Prévoir l'aide

Après avoir défini les différents mouvements, il reste encore à prévoir l'aide à l'étudiant.

C'est surtout pour la mise en équations de l'énoncé que l'étudiant recevra de l'aide. Une partie de cette aide peut être générée plus ou moins automatiquement grâce à la description du professeur et surtout aux associations faites entre, d'une part, les grandeurs et valeurs et, d'autre part, des champs de l'énoncé.

Nous pouvons répartir l'aide en deux catégories : l'aide quasi automatique et l'aide manuelle.

Nous entendons par aide quasi automatique, l'aide qui pourra être générée automatiquement par le système ; dans ce cas, le professeur ne devra que franciser les phrases. L'aide quasi automatique pourra être générée automatiquement après que le professeur a répondu à une ou plusieurs questions. Ces questions se limitent souvent à la demande de sélections dans l'énoncé.

L'aide manuelle par contre devra être écrite complètement par le professeur. Ceci lui permet de prévoir toute l'aide nécessaire et bien appropriée à l'exercice. Cette souplesse permet de traiter des exercices très divers sans devoir les considérer tous au niveau conceptuel. Par exemple, si un exercice fait intervenir l'accélération  $g$ , le professeur peut prévoir une aide pour expliquer à l'étudiant à quoi correspond cette grandeur alors qu'aucune aide n'est prévue pour l'expliquer systématiquement.

Il y a plusieurs niveaux d'aide. On trouve d'abord les questions qui n'aident pas directement l'étudiant mais qui permettent au système de le suivre pour pouvoir l'aider par la suite. Il y a ensuite l'aide apportée à l'étudiant qui se trouve en difficulté. Dans cette aide directe, on retrouve bien sûr aussi différents niveaux : cela va du petit coup de pouce jusqu'à la révélation d'une réponse. Nous parlerons de l'aide indirecte et de l'aide directe. Nous décomposerons l'aide directe en trois niveaux : niveau 1 pour une petite aide et niveau 3 pour une aide importante (on pourrait facilement graduer davantage les niveaux si cela s'avérait nécessaire) ; nous dirons que l'aide indirecte, qui permet de donner l'information au système, est du niveau 0. L'aide de niveau 0 sera toujours proposée à tous les étudiants tandis que les autres aides seront proposées en fonction de la nécessité.

Une aide se compose de différents éléments.

L'aide standard se compose d'une question, celle qui sera proposée à l'étudiant, d'un élément, celui auquel se rapporte l'aide, et d'une réponse, celle que devrait normalement trouver l'étudiant.

Les questions sont de deux types : les questions qui attendent une vraie réponse et celles qui ne proposent qu'une seule réponse : 'OK'. Dans ce cas-ci, il s'agit plutôt d'une remarque, d'un rappel.

L'élément auquel se rapporte la question peut se trouver dans l'énoncé ou dans la résolution de l'étudiant ou même les deux. Cet élément est facultatif.

Les réponses aussi sont de plusieurs types. Il y a d'abord la réponse unique que l'on a déjà signalée : 'OK'. Cela veut simplement dire : "J'ai bien lu le message, on peut continuer."

Il y a les réponses à choix multiples : les différentes possibilités sont proposées à l'étudiant qui n'a plus qu'à choisir celle qu'il veut. Et enfin, il y a les réponses sous forme de sélections : sélections dans l'énoncé ou sélections dans la résolution de l'étudiant.

L'aide ne peut pas facilement être étudiée sans considérer à la fois le professeur et l'étudiant. C'est pour cela que nous étudierons l'aide dans un chapitre qui lui est réservé<sup>3</sup> après avoir vu l'accompagnateur de résolution.

### 1.3. Formules

Pour faciliter la réalisation du logiciel, l'étudiant ne pourra pas entrer ses propres formules. Ce ne serait en effet pas toujours évident de vérifier qu'elles sont correctes et il serait dommage de refuser une formule valable. Mais pour ne pas faciliter trop la tâche de l'étudiant, nous lui proposerons une liste de formules où toutes ne sont pas correctes.

Le professeur est le mieux qualifié pour connaître les difficultés de l'exercice. C'est donc à lui que revient la tâche de choisir des formules erronées judicieuses. Une liste de formules erronées sera générée automatiquement en remplaçant les variables des formules correctes par des variables de même type (qui ont les mêmes unités) choisies dans les autres mouvements. Le professeur pourra choisir les formules intéressantes dans cette liste. L'étudiant devra donc être capable de bien distinguer les différents mouvements pour choisir une formule correcte. Nous supposons ici que les principales erreurs faites lors de la résolution de problèmes concernant les mouvements rectilignes uniformes sont dues à la difficulté de bien séparer les mouvements.

Les formules correctes à utiliser se trouvent implicitement dans la description du problème.

Remarquons que certaines formules sont correctes mais ne permettent pas de faire avancer la résolution, d'autres ne sont pas correctes du tout. Ce sera à l'étudiant à choisir judicieusement les formules qui le mèneront à la solution.

### 1.4. Remarque : qualité de l'énoncé

Maintenant que l'on sait ce que l'on veut faire à partir de l'énoncé, on peut remarquer que tous ne seront pas traités avec la même facilité. Pour pouvoir suivre l'étudiant de façon judicieuse sans que le professeur doive prévoir des remarques ou des questions à chaque étape, en d'autres mots, pour que ces questions puissent être générées automatiquement par le système, il faut :

- que l'énoncé comprenne un maximum de noms de paramètres et de variables que le professeur et l'étudiant pourront associer aux différents paramètres et variables des mouvements,

---

<sup>3</sup> Voir le chapitre 3. (page 22)

- qu'un maximum d'attributions de valeurs se trouvent exprimées dans l'énoncé explicitement ou implicitement de façon à ce que l'on puisse les sélectionner.

On évitera donc, par exemple, d'écrire dans un énoncé : "[...] Il est lancé sur un rail rectiligne de 80 m de long"<sup>4</sup>, on écrira plutôt : "... d'une longueur de 80 m". Ainsi le mot longueur peut être sélectionné et être associé à la grandeur correspondante.

De même, tous les énoncés ne peuvent pas être traités par notre système. On ne traite ici que des problèmes où un ou plusieurs mobiles parcourent des trajectoires situées toutes sur une même droite ou tout autre problème que l'on peut ramener à ce genre de problèmes. On ne traite également que les énoncés où l'on demande de calculer des valeurs réelles.

Ainsi, des trente-huit exercices proposés sur les MRU et les MRUA par Hittelet dans son livre<sup>5</sup>, le système ne convient pas pour les exercices 1, 17, 18, 19, 29, 31 et 38, c'est-à-dire, pour 7 exercices sur 38. Ces exercices ne peuvent être résolus parce qu'ils font intervenir la notion de valeur approchée et erreur relative, ou bien, les réponses ou les questions font intervenir des graphiques. Les énoncés de ces exercices sont repris en annexe.

Par contre, le système convient très bien pour les douze exercices proposés par Delaruelle et Claes<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Extrait d'un exercice proposé par Gérard Hittelet dans son livre Physique 3<sup>e</sup> option de base, ed. De Boeck, 1992.

<sup>5</sup> Gérard Hittelet, Physique 3<sup>e</sup> option de base, ed. De Boeck, 1992, pp. 68-72.

<sup>6</sup> A. Delaruelle et A.I. Claes, Eléments de physique, tome 1, ed. Wesmael, 1988, pp. 59-60.



## Chapitre 2 : L'accompagnateur de résolution

L'accompagnateur de résolution est la partie du logiciel qui sera utilisée par l'étudiant.

Ce chapitre ne présente pas l'utilisation de l'accompagnateur mais, plutôt, décrit les besoins de l'étudiant.

L'étudiant ne reçoit que l'énoncé. Il a à sa disposition tout ce qui est nécessaire à sa résolution : il peut introduire les éléments dont il a besoin pour résoudre l'exercice, donner une valeur à un paramètre ou à une variable arrêtée, il peut choisir une formule, instancier ou évaluer une expression, il peut décrire les mouvements en donnant le nom du mobile en mouvement et en lui associant tous les éléments nécessaires (vitesse, temps, accélération, etc...), il peut répondre aux questions que le système lui propose et il peut demander au système de l'aider.

### 2.1. Introduction d'une variable ou d'un paramètre

La première chose que fera normalement l'étudiant pour résoudre l'exercice, c'est mettre quelques variables et quelques paramètres dont il a besoin en évidence. En effet, les seules formules qui lui seront proposées seront celles qui n'utilisent que ces variables ou ces paramètres.

Si d'autres formules lui étaient proposées, il serait guidé vers une résolution automatique et serait amené à découvrir les variables et les paramètres sans les chercher.

Aux paramètres et aux variables, il devra associer un champ de l'énoncé quand c'est possible : la représentation de la variable dans l'énoncé.

### 2.2. Attribution d'une valeur

A chaque paramètre et à chaque variable arrêtée, l'étudiant peut attribuer une valeur. A cette valeur, il doit associer un ou plusieurs champs de l'énoncé quand c'est possible :

- la représentation de cette valeur dans l'énoncé (par exemple, "100 km" à la première ligne) ou
- la justification du choix de cette valeur (par exemple, "Le deuxième démarre" à la troisième ligne).

Il précisera chaque fois s'il s'agit de l'un ou de l'autre.

### 2.3. Choix d'une formule

L'étudiant peut choisir une formule dans la liste proposée. Pour cela, il doit préalablement préciser le paramètre ou la variable arrêtée dont il veut calculer la valeur. Les formules proposées auront toutes ce paramètre ou cette variable soit dans le membre de gauche soit dans le membre de droite. Rappelons que toutes les formules qui seront

proposées ne comprennent que les variables et paramètres mis en évidence par l'étudiant. Il se peut alors qu'aucune ne soit correcte.

## 2.4. Définition d'un mouvement

L'étudiant doit découvrir les différents mouvements qui composent l'énoncé. Quand il a découvert un mouvement, il peut le décrire au système :

- donner le nom du mobile en mouvement et le sélectionner dans l'énoncé ;
- dire s'il s'agit d'un mouvement accéléré ou non ;
- associer différentes variables et différents paramètres à ce mouvement.

L'étudiant peut choisir les paramètres et variables qu'il veut associer au mouvement parmi ceux qu'il a déjà mis en évidence.

Quand l'étudiant sélectionne une nouvelle variable ou un nouveau paramètre, il peut l'associer à un mouvement déjà défini.

## 2.5. Réponse à une question

A différents moments, le didacticiel pose des questions ou donne des remarques à l'étudiant pour l'aider ou pour permettre de savoir ce qu'il est en train de faire. Comme les remarques ne sont pas courantes, nous dirons pour simplifier le texte qu'il s'agit là de questions qui ne demandent pas de réponse. Les réponses aux questions sont souvent une sélection d'un champ dans l'énoncé.

Voici les différents types de questions classées en fonction de la réponse :

**Recherche de l'expression d'un paramètre, d'une valeur ou d'une variable dans l'énoncé :**

- Où est désignée la vitesse du premier train dans l'énoncé?

**Recherche dans l'énoncé de la raison implicite ou explicite grâce à laquelle on a pu attribuer une valeur à un paramètre.**

- Qu'est-ce qui dans l'énoncé te permet de dire que la vitesse initiale est nulle ?

**Questions pour lesquelles plusieurs réponses sont proposées et parmi lesquelles il faut choisir la bonne.**

- De quel type de mouvement est animé le premier train ? (MRU - MRUA)

**Diverses remarques pour guider l'étudiant.**

- La vitesse initiale d'un mobile qui démarre est de 0 m/s.

Tous les types de question sont détaillés dans le chapitre 3.

## 2.6. Demande d'instanciation

L'étudiant peut demander au logiciel d'instancier des expressions. Le nom des paramètres ou des variables arrêtées sera alors remplacé par les valeurs connues que l'étudiant leur a lui-même attribuées.

## 2.7. Demande d'évaluation

Quand une expression ne contient que des valeurs réelles, l'étudiant peut demander de l'évaluer. Le résultat du calcul remplacera les anciennes valeurs.

Pour plus de clarté, on veillera à ce que la résolution s'écrive tout comme on le ferait dans un cahier.

## 2.8. Demande d'aide

L'aide est décrite en détail dans le chapitre 3 où l'on étudie en parallèle la préparation de l'aide par le professeur et l'utilisation de cette aide par le système pour suivre et aider l'étudiant.

Nous voyons ici comment l'étudiant peut utiliser cette aide sans expliquer en détails comment cette aide est générée.

S'il se trouve en difficulté, l'étudiant peut demander au didacticiel un petit coup de pouce. Grâce au fait que le système connaît le rôle de chaque variable de l'étudiant dans les mouvements (s'il ne les connaît pas encore, il suffit de les demander), il peut détecter les erreurs et les montrer à l'étudiant. Le didacticiel peut aussi aider l'étudiant à découvrir les variables oubliées.

Pour avoir une aide plus précise, l'étudiant peut sélectionner une variable, un paramètre, une valeur dans sa résolution ou même dans l'énoncé. Il peut aussi sélectionner une expression dans la résolution. L'aide portera alors sur cette sélection.

**En absence de sélection**, le système commence par corriger le début de la résolution. Pour ce faire, il demande à l'étudiant pour chaque variable, chaque paramètre et chaque valeur non encore associés à un champ de l'énoncé d'en préciser l'origine. L'étudiant doit alors, quand cela est possible,

- associer l'élément à son expression dans l'énoncé,
- associer l'élément à un mouvement,
- préciser son rôle dans le mouvement.



Si tous les mouvements nécessaires ne sont pas encore mis en évidence à ce stade, le système donne la possibilité à l'étudiant de les définir.

Il se peut qu'une fois que l'étudiant a donné l'origine des différents éléments, il soit assez éclairé pour continuer seul l'exercice. On lui demande alors s'il veut continuer l'aide avec la mise en évidence par le système de la première erreur ou s'il préfère continuer seul.

S'il veut continuer l'aide, la première erreur est recherchée par le détecteur d'erreur (il est étudié plus loin<sup>7</sup>) et est mise en évidence dans la résolution. Il y a trois sortes d'erreurs :

- l'étudiant n'a pu choisir une formule correcte car elle fait intervenir un élément qui n'a pas encore été introduit ;
- l'étudiant a choisi une formule incorrecte ;
- l'étudiant a choisi une formule correcte qui ne mène pas à la solution.

Dans le dernier cas, il ne s'agit pas à proprement parler d'une erreur.

L'étudiant a à nouveau la main et peut corriger l'erreur.

Si une sélection a été précisée, l'aide dépend de cette sélection. Par exemple, si l'étudiant sélectionne dans sa résolution une expression, le système peut lui dire si cette expression est correcte. Si l'étudiant sélectionne l'expression d'une grandeur dans l'énoncé, le système peut dire à quel mobile cette grandeur se rapporte et même quel est le rôle de cette grandeur.

## 2.9. Demande de modification

A tout moment, l'étudiant peut corriger une erreur. Les modifications se répercutent dans toute la résolution<sup>8</sup>.

Il y a différents types de modification : changement de valeur d'une variable ou d'un paramètre, changement d'association d'une variable ou d'un paramètre à un mouvement, etc...

## 2.10. Demande de terminaison

L'étudiant signale quand il a fini la résolution de l'exercice.

L'exercice est alors corrigé. Si les grandeurs résultat ont toutes une valeur correcte, l'exercice est résolu. Dans ce cas, l'accompagnateur de résolution félicite l'étudiant. Sinon,

---

<sup>7</sup> Voir page 69.

<sup>8</sup> Voir page 75.

soit l'exercice n'est pas fini, soit les valeurs trouvées ne sont pas correctes. Le système le signale à l'étudiant qui continue ou corrige l'exercice.

## Chapitre 3 : L'aide

Nous avons réservé tout ce chapitre pour décrire l'aide. Une attention particulière lors de la préparation de cette aide est nécessaire au professeur qui veut proposer aux étudiants des exercices intéressants. Une aide réfléchie, complète, diversifiée et adéquate permettra à l'étudiant de résoudre facilement les exercices, il pourra même trouver cela amusant.

Nous découvrirons dans la suite l'aide quasi automatique et l'aide manuelle. Nous voyons pour chaque type d'aide le moment précis de la génération de cette aide lors de la préparation du professeur ainsi que le moment précis où l'étudiant recevra cette aide lors de la résolution. Nous voyons ensuite la forme de l'aide : la question générée, l'élément au sujet duquel l'aide est proposée et, enfin, la réponse que doit donner l'étudiant (s'il ne se trompe pas).

### 3.1. L'aide automatique

**L'aide quasi automatique** sera générée, entre autres, à partir de toutes les sélections dans l'énoncé des expressions des grandeurs et des valeurs. Elle sera aussi générée à partir des attributions de valeurs implicites. Cela est réalisable parce qu'à chaque attribution de valeur dont la valeur n'est pas sélectionnée explicitement dans l'énoncé par le professeur, le système demande au professeur de désigner dans l'énoncé ce qui lui permet de faire cette attribution.

Le professeur doit franciser les questions qui sont générées par le système. Le professeur peut également modifier le niveau de l'aide.

#### 3.1.1. Les aides standards.

Voici les aides standards générées par le système.

Dans les différentes questions qui vont apparaître, le professeur peut modifier tous les termes qu'il veut. En général, il modifiera ce qui est présenté [entre crochets]. Le professeur vérifiera que les nouvelles questions ont la même signification que celles générées automatiquement puisque c'est le système qui présentera l'aide à l'étudiant sans l'intervention du professeur. Si l'aide ne lui convient pas, le professeur peut la supprimer. Il peut d'ailleurs la réécrire différemment en aide manuelle.

Pour chaque aide présentée ci-dessous, on donne le moment où l'aide est générée lors de la description, le moment où l'aide est proposée à l'étudiant, et enfin, la question, la mise en évidence et les réponses qui composent l'aide. Un exemple d'aide est chaque fois donné.

## **Première aide possible : oubli d'un élément**

### moment de la génération :

La première aide décrite sera générée lors de la mise en rapport par le professeur d'un élément de la description de sa résolution avec un champ de l'énoncé.

### moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

La première aide sera proposée à l'étudiant lorsque le système se rend compte que l'étudiant ne met pas un élément en évidence dans sa résolution alors qu'il en a besoin : par exemple, la formule correcte à utiliser ne peut pas être proposée à l'étudiant par le système parce que cet élément n'est pas mis en évidence<sup>9</sup>. Il s'agit d'une aide de niveau 2 puisque l'on révèle un élément de la réponse sans pour autant donner trop d'éléments.

### question :

La question générée par le système est : "Ne faut-il pas utiliser [l'élément sélectionné dans l'énoncé] ?" Le professeur peut modifier tous les termes de la question qu'il veut. Il lui est d'ailleurs conseillé de varier les questions pour rompre la monotonie.

### élément :

L'élément auquel se rapporte la question est le champ que le professeur vient de sélectionner dans l'énoncé pour le mettre en rapport avec un élément de sa description. Le professeur peut choisir de mettre ou non ce champ en évidence dans l'énoncé pour accompagner la question. Si le professeur ne nomme pas explicitement dans la question l'élément dont il est question, il est obligé de choisir la mise en évidence du champ dans l'énoncé pour que l'étudiant sache de quel élément on parle.

### réponse :

Comme la question est du style remarque, la réponse est simplement 'OK'.

### exemple :

Le professeur attribue la valeur 100 km/h à la variable arrêtée  $v_{T2.2}$ . Quand il met en rapport cette valeur avec le champ de l'énoncé "100 km/h" à la troisième ligne, le système génère automatiquement l'aide suivante :

Question : "Ne faut-il pas utiliser l'élément sélectionné dans l'énoncé ?"

Mise en évidence : "100 km/h" dans l'énoncé à la troisième ligne

Réponse proposée : 'OK'

---

<sup>9</sup> Voir le chapitre : 1.3. Les formules. (page 15)

Le professeur peut modifier cette aide :

Question : "Tu devrais peut-être utiliser la valeur 100 km/h qui se trouve dans l'énoncé."

Mise en évidence : "100 km/h" dans l'énoncé à la troisième ligne

Réponse : 'OK'

### **Deuxième aide possible : lien avec l'énoncé des grandeurs de l'étudiant**

#### moment de la génération :

L'aide suivante est générée pour tous les exercices. Elle ne se base pas sur la description de la résolution par le professeur. Elle peut donc être générée à tout moment. Le plus simple est de la générer à la fin de la description de la résolution.

#### moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

Cette aide sera proposée à l'étudiant chaque fois qu'il met un nouvel élément en évidence. Cette aide permet au système de connaître le rôle de ce nouvel élément dans les mouvements. Il s'agit d'une aide de niveau 0.

#### question :

La question générée par le système est : "[Cet élément] est-il désigné dans l'énoncé ?"

#### élément :

L'élément auquel se rapporte la question est le nouvel élément que l'étudiant vient d'introduire. Le professeur peut choisir de mettre ou non cet élément en évidence dans la résolution de l'étudiant. Remarquons une fois de plus que si la question n'est pas modifiée, il faut obligatoirement mettre cet élément en évidence pour savoir de quoi on parle. Le professeur peut mettre l'élément en évidence même s'il le nomme explicitement dans la question.

#### réponse :

La réponse à cette question est la sélection dans l'énoncé quand c'est possible de l'expression de l'élément. Pour pouvoir sélectionner le champ, l'étudiant clique sur le bouton 'OUI'. Sinon, l'étudiant signale que l'élément qu'il vient d'introduire ne se trouve pas exprimé dans l'énoncé en cliquant sur le bouton 'NON'.



Si l'étudiant clique sur le bouton 'NON', le système mémorise que l'étudiant estime que l'élément n'est pas désigné dans l'énoncé. Quand, ultérieurement, le système connaîtra la sémantique de a, il pourra vérifier cette affirmation et le cas échéant, reposer la question, signaler l'erreur, etc...

exemple :

Le système génère l'aide suivante :

Question : "Où se trouve exprimé [cet élément] dans l'énoncé ?"

Mise en évidence : Le nouvel élément introduit par l'étudiant.

Réponse : Sélection dans l'énoncé d'un champ.

Le professeur peut laisser cette aide telle quelle.

L'étudiant introduit un nouvel élément qu'il appelle "a".

Le système lui demande : "Où se trouve exprimé cet élément dans l'énoncé ?" tandis que "a" est mis en évidence dans la résolution de l'étudiant.

L'étudiant sélectionne dans l'énoncé : "accélération constante" à la troisième ligne.

**Troisième aide possible : rôle des éléments non reliés à l'énoncé**

moment de la génération :

L'aide suivante est générée pour tous les exercices. Elle ne se base pas sur la description de la résolution par le professeur. Elle sera aussi proposée en fin de description.

moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

Cette aide sera proposée à l'étudiant pour les éléments dont il n'a pu sélectionner l'expression dans l'énoncé. Cette aide permet au système de connaître le rôle de ce nouvel élément dans les mouvements. Il s'agit d'une aide de niveau 0. Elle sera proposée lors de la demande d'aide. On ne la propose pas systématiquement lors de l'introduction d'un élément non relié à l'énoncé pour ne pas rendre le système trop lourd pour l'étudiant.

question :

La question générée par le système est : "Quel est le rôle de [cet élément] ?"

### élément :

L'élément auquel se rapporte la question est le nouvel élément que l'étudiant vient d'introduire et qu'il n'a pu mettre en rapport avec un champ de l'énoncé. Le professeur peut choisir de mettre ou non cet élément en évidence dans la résolution de l'étudiant.

### réponse :

La réponse est à choix multiple. L'étudiant dit, dans un premier temps, s'il s'agit d'un élément d'un mouvement de type MRU ou MRUA. Dans un second temps, il dit si cet élément représente un espace parcouru, une vitesse, un temps ou une accélération (proposée uniquement pour un MRUA). Et dans un dernier temps, il choisit entre : initial, final ou autre.

Ensuite l'étudiant doit associer ce nouvel élément avec un mobile. Si ce mobile n'est pas encore mis en évidence, le système permet à l'étudiant de le mettre en évidence.

### exemple

A nouveau, on suppose que le professeur laisse cette aide inchangée.

L'étudiant introduit un nouvel élément :  $t_0$ . Le système lui demande de mettre cet élément en relation avec un élément de l'énoncé. L'étudiant affirme qu'il n'est pas référencé.

Le système demande alors "Quel est le rôle de cet élément ?" alors que  $t_0$  est mis en évidence dans la résolution de l'étudiant.

La première sous-question est : "A quel type de mouvement cet élément appartient ?"

Réponse : 'MRU' ou 'MRUA'

L'étudiant choisit la réponse MRU.

La deuxième sous-question est proposée : "C'est un élément de quel type ?"

Réponse : 'espace parcouru', 'vitesse' ou 'temps'.

L'étudiant choisit 'temps'.

La troisième sous-question est posée : "De quel temps est-il question ?"

Réponse : 'initial', 'final' ou 'autre'.

L'étudiant choisit 'initial'.

Enfin, le système demande à l'étudiant d'associer cet élément à un mobile : "C'est le temps initial de quel mobile ?"

L'étudiant qui n'a pas encore mis en évidence ce mobile sélectionne dans l'énoncé "Le premier" aux lignes 1 et 2.

**Quatrième aide possible : non utilisation d'un champ de l'énoncé qui permet de trouver la valeur d'une variable**

moment de la génération :

L'aide suivante est générée lorsque le professeur sélectionne dans l'énoncé la raison implicite de l'attribution d'une valeur à un élément.

moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

Cette aide sera proposée à l'étudiant lorsque le système se rend compte que l'étudiant ne parvient pas à trouver cette valeur.

question :

Le système génère la question : "Ne faut-il pas utiliser [le fait sélectionné dans l'énoncé] ?" Cette aide est de niveau 2.

élément :

L'élément dont il est question est le champ de l'énoncé qui exprime la raison implicite de la valeur de la variable arrêtée ou du paramètre.

réponse :

La question étant du type remarque, la réponse est 'OK'.

exemple

Le professeur attribue la valeur "0 m/s" au paramètre  $v_{0T2,1}$ . Il ne peut pas associer cette valeur à un champ de l'énoncé parce qu'elle n'y est pas exprimée explicitement. Le système demande donc la raison implicite de cette attribution de valeur et la professeur sélectionne le champ : "Le deuxième démarre" à la deuxième ligne. Le système génère alors automatiquement l'aide suivante :

Question : "Ne faut-il pas utiliser [le fait sélectionné dans l'énoncé] ?"

Mise en évidence : "Le deuxième démarre" à la deuxième ligne.

Réponse : 'OK'.

Le professeur peut modifier cette aide :



Question : "On dit dans l'énoncé que le deuxième train démarre. Ne faut-il pas utiliser cette information quelque part ?"

Mise en évidence : "Le deuxième démarre" à la deuxième ligne.

Réponse : 'Je vais l'utiliser'.

### **Cinquième aide possible : rôle et mobile associés à un élément**

#### moment de la génération :

La dernière aide décrite sera générée lors de la mise en rapport par le professeur d'un élément de la description de sa résolution avec un champ de l'énoncé.

#### moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

Cette aide sera proposée à l'étudiant lorsqu'il sélectionne dans l'énoncé ce champ que le professeur a mis en rapport avec un de ses éléments et qu'il demande à l'accompagnateur de résolution une aide au sujet de sa sélection. L'étudiant recevra également cette aide quand il sélectionne dans sa résolution un élément qu'il a mis en rapport avec ce champ.

#### question :

L'aide générée par le système est : "Il s'agit de [rôle de cet élément et mobile] ?" Le professeur doit modifier les termes de la question mis entre crochets. Il s'agit d'une aide de niveau 3.

#### élément :

L'élément auquel se rapporte la question est le champ que le professeur vient de sélectionner dans l'énoncé pour le mettre en rapport avec un élément de sa description.

#### réponse :

Comme la question est du style remarque, la réponse est simplement 'OK'.

#### exemple :

Le professeur attribue la valeur 100 km/h à la variable arrêtée  $v_{T2.2}$ . Quand il met en rapport cette valeur avec le champ de l'énoncé "100 km/h" (mot clé : 100) à la troisième ligne, le système génère automatiquement l'aide suivante :

Question : "Il s'agit de vitesse de : 'le deuxième train (phase d'accélération)'."

Mise en évidence : le champ de l'énoncé est mis en évidence, ainsi, si l'étudiant n'avait sélectionné que "100" dans l'énoncé, il peut voir que c'est en fait "100 km/h" qu'il faut considérer.

Réponse : 'OK'

Le professeur peut modifier cette aide :

Question : "C'est la vitesse finale du deuxième train après sa phase d'accélération. C'est également la vitesse constante à considérer pour ce train pendant sa phase à vitesse constante."

Mises en évidence : Le champ "100 km/h" à la troisième ligne et le champ "vitesse constante" à la dernière ligne.

Réponse : 'OK'

### **3.1.2. Les aides non standards**

Les aides non standards peuvent être composées de plus d'éléments. On retrouvera par exemple plusieurs sélections qui accompagnent une question. Certaines aides non standards font intervenir moins d'éléments.

#### **Aide possible: oubli d'une valeur**

moment de la génération :

La première aide non standard qui est présentée ici est générée elle aussi lorsque le professeur sélectionne dans l'énoncé la raison implicite de l'attribution d'une valeur à un élément.

moment où l'aide sera donnée à l'étudiant :

Cette aide sera apportée à l'étudiant lorsqu'il ne trouve pas la valeur d'un élément. Il faut que cet élément ait déjà été introduit par l'étudiant. Cette aide est du niveau 3.

question :

La question générée par le système est : "Quelle est la valeur de [cet élément] ? Valeur de [l'élément] = "

mises en évidence :

Dans l'énoncé, le champ sélectionné par le professeur comme raison implicite de l'attribution de valeur à l'élément est mis en évidence.

Dans la résolution de l'étudiant, l'élément dont il faut trouver la valeur est mis en évidence. (facultatif)

Pour qu'aucune confusion ne soit possible, il est conseillé de nommer explicitement l'élément dans la question plutôt que de le mettre en évidence dans la résolution de l'étudiant.

réponse :

L'étudiant écrit la valeur de l'élément après la question. S'il modifie la question, le professeur doit faire en sorte que l'étudiant doive aussi donner la valeur à la fin de la question. Si cette aide n'est pas appropriée, le professeur peut la supprimer et éventuellement la réécrire manuellement.

exemple :

Dans les mêmes conditions que décrites pour l'exemple précédents, le système génère l'aide suivante :

Question : "Quelle est la valeur de [cet élément] ? Valeur de [l'élément] = ".

Mises en évidence : dans la résolution de l'étudiant, l'élément qu'il a associé avec la vitesse initiale du deuxième train pendant sa phase accélérée est mis en évidence ainsi que le champ "Le deuxième démarre" à la deuxième ligne dans l'énoncé.

Le professeur peut modifier cette aide :

Question : "Quelle est la vitesse initiale du deuxième train ? [élément repris de la résolution de l'étudiant] = ".

Mises en évidence : dans la résolution de l'étudiant, l'élément qu'il a associé avec la vitesse initiale du deuxième train pendant sa phase accélérée est mis en évidence ainsi que le champ "Le deuxième démarre" à la deuxième ligne dans l'énoncé.

### **3.2. L'aide manuelle**

**L'aide manuelle** peut revêtir différentes formes selon l'imagination et la perspicacité de l'utilisateur.

Pour définir une aide manuelle, le professeur doit donner la question telle qu'elle sera proposée aux étudiants, décrire les mises en évidence qui accompagnent la question, donner les réponses possibles en précisant laquelle est la bonne. Ensuite, il précise le niveau de cette aide en donnant un nombre compris entre 0 et 3. Enfin, il dit quand cette aide doit être apportée à l'étudiant.

exemple :

Question : "Il faut que la vitesse du deuxième train ait un signe opposé à la vitesse du premier."

Mise en évidence : "Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre." à la première ligne.

Réponse : 'OK'.

Moment où cette aide doit être proposée à l'étudiant : quand l'étudiant donne une vitesse positive pour le deuxième train.

Les conventions suivantes sont utilisées dans les paragraphes qui suivent : sont écrits en *italique* ce qui est introduit par l'utilisateur que ce soit le professeur ou l'étudiant, de même, les sélections diverses sont représentée par des caractères ***gras, italiques et soulignés***. Le curseur sera représenté par le signe "■". Il sera utilisé pour indiquer où le système attend une réponse.

Dans ce chapitre, nous verrons plus précisément comment tout cela se passe dans la pratique. Nous verrons d'abord comment le professeur doit utiliser l'éditeur d'énoncé. Ensuite nous verrons comment l'étudiant sera guidé par l'accompagnateur de résolution.

### Chapitre 1 : L'éditeur d'énoncé

Comme nous l'avons déjà décrit plus haut, le professeur doit entrer son énoncé, le décrire et donner la liste des formules qui accompagnent l'exercice. Rappelons aussi que décrire un énoncé sous-entend séparer les différents mouvements, donner les relations entre les mouvements et l'énoncé, relier les différents mouvements et prévoir l'aide.

#### 1.1. Les fenêtres de l'éditeur d'énoncé

Tout au long de l'édition, différentes fenêtres vont apparaître. Les fenêtres principales sont la fenêtre guide, la fenêtre de l'énoncé, la fenêtre des mouvements et la fenêtre des questions.

##### Fenêtre guide

C'est dans la fenêtre guide que l'éditeur d'énoncé va guider le professeur tout au long de l'édition. Parfois, le professeur devra répondre dans cette fenêtre à la question posée par le système.

##### Fenêtre énoncé

C'est dans la fenêtre énoncé que le professeur écrit l'énoncé. Une fois cet énoncé écrit, le professeur ne pourra plus accéder à cette fenêtre que pour y sélectionner des champs quand le système le lui demande dans la fenêtre guide.

##### Fenêtre mouvements

La fenêtre mouvements contient toute la description des différents mouvements ainsi que les relations entre ces mouvements. Le professeur n'écrit jamais dans cette fenêtre mais



il pourra y sélectionner des items comme nous le verrons dans la suite. En fait, la fenêtre mouvements se remplit automatiquement avec la description des mouvements donnée par le professeur.

### Fenêtre questions

La fenêtre questions contient les questions et les commentaires qui seront proposés à l'étudiant en cours de résolution pour l'aider.

Quand le professeur sélectionne un élément dans la fenêtre mouvements, le commentaire ou la question qui lui est associé se trouve dans la fenêtre questions ainsi que le champ correspondant dans l'énoncé sont mis en évidence dans la fenêtre énoncé. Nous en verrons plusieurs exemples dans la suite. Nous verrons également comment cela se passe lorsqu'il y a plusieurs questions associées au même élément, ce qui est souvent le cas.

## 1.2. La saisie de l'énoncé

Dans la fenêtre guide, on propose à l'enseignant de taper son énoncé. Il doit le faire dans la fenêtre énoncé. Quand il a fini, il va cliquer avec la souris dans la fenêtre guide sur le bouton 'FIN'.

fenêtre guide :

Entrez l'énoncé dans la première fenêtre.  
Cliquez ici quand vous avez fini :

FIN

Figure 2.1. : Fenêtre guide proposant au professeur de taper son énoncé.

fenêtre énoncé :

*Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de temps se rencontrent-ils?*

Figure 2.2. : Fenêtre énoncé telle qu'elle apparaît quand le professeur a fini de taper l'énoncé.

## 1.3. La description des mouvements

### 1.3.1. Type et mobile du premier mouvement

Le professeur doit maintenant décrire les différents mouvements. Il les décrira un à la fois. Pour chaque mouvement, il faut en donner le type (MRU ou MRUA), le nom du

mobile et décrire les paramètres et les variables. Ensuite, il faut que le professeur prévoit l'aide qui sera apportée à l'étudiant.

Dans la fenêtre guide, on demande le type du premier mouvement que l'on veut mettre en évidence. Le professeur choisit dans cette fenêtre en cliquant avec la souris sur le bouton correspondant : soit MRU pour un mouvement à vitesse constante soit MRUA pour un mouvement uniformément accéléré.

fenêtre guide :

Figure 2.3 is a screenshot of a software window titled 'Type du premier mouvement :'. It contains two buttons: 'MRU' on the left and 'MRUA' on the right.

Figure 2.3 : Fenêtre guide proposant au professeur d'indiquer le type du premier mouvement.

Il faut ensuite spécifier le mobile qui est en mouvement. On le fera en répondant dans la fenêtre guide ou en sélectionnant dans l'énoncé le nom de ce mobile.

Si le nom du mobile dans l'énoncé n'est pas assez parlant, le professeur doit quand même le sélectionner et il est conseillé dans ce cas de lui donner en plus un nom plus approprié dans la fenêtre guide. Ce nom pourra alors être utilisé par le didacticiel pour guider l'étudiant. Sinon, le nom de l'énoncé sera utilisé et il n'est pas nécessaire de le recopier dans la fenêtre guide.

fenêtre guide :

Figure 2.4 is a screenshot of a software window titled 'Nom du mobile en mouvement :'. It displays the text 'le premier train' and an 'OK' button at the bottom.

Figure 2.4. : Fenêtre guide demandant au professeur le nom du mobile.

fenêtre énoncé :

"Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de temps se rencontrent-ils?"

Figure 3.5. : Fenêtre énoncé telle qu'elle apparaît quand le professeur y a sélectionné le nom du mobile.

Si le professeur n'a pas sélectionné un champ de l'énoncé avant de cliquer sur le bouton 'OK', on lui demandera de faire cette sélection. Ceci pour éviter qu'il ne s'agisse que d'un simple oubli.

Ensuite, on demande l'indice alphanumérique qui représentera le mobile. Le professeur peut ne pas choisir cet indice. Dans ce cas, il sera généré automatiquement. On prendra le premier par ordre alphabétique qui n'est pas encore utilisé.

fenêtre guide :

indice correspondant :

T1

OK

Figure 2.6. : Fenêtre guide demandant au professeur l'indice correspondant au mobile.

### 1.3.2. Paramètres et valeurs

Nous avons maintenant tout ce qui est nécessaire à la génération automatique des paramètres et des variables du mouvement de ce mobile. Dans la fenêtre mouvements, le début de la description apparaît : on peut voir l'indice 'T1', le nom du mobile "le premier train", les paramètres et les variables " $v_{T1}$ ", " $e_{0T1}$ ", " $t_{0T1}$ ", " $e_{T1}$ " et " $t_{T1}$ ". Les paramètres " $e_0$ ", et " $t_0$ " et les variables " $e$ " et " $t$ " sont présentés en colonnes pour bien voir l'espace et le temps fonction l'un de l'autre. Pour que les noms des variables apparaissent dans la fenêtre, il faut avoir baptisé le moment considéré. C'est pour cela qu'à ce stade-ci, on ne peut voir pour les variables que le nom générique en haut du tableau.



fenêtre mouvements :

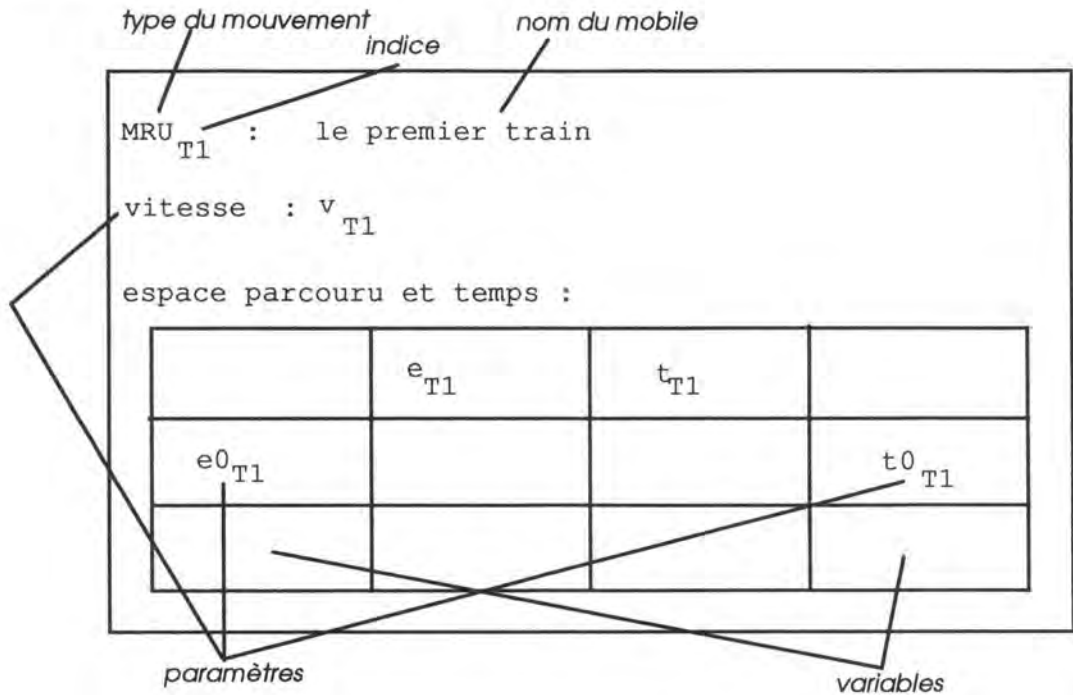


Figure 2.7. : Fenêtre mouvements au début de la description.

Dans la fenêtre mouvements, la paramètre  $v_{T1}$  est mis en évidence pour préciser que c'est à ce paramètre que se rapporteront maintenant les questions de la fenêtre guide. Le système propose alors au professeur :

- de rebaptiser ce paramètre,
- de l'associer à une partie de l'énoncé s'il y apparaît et
- de lui donner une valeur.

S'il s'agit d'un paramètre intermédiaire on lui donnera la valeur '?' tandis que s'il s'agit d'un paramètre résultat on lui donnera la valeur '??'.

Le système propose en dernier lieu

- de sélectionner la valeur dans l'énoncé si elle s'y trouve sinon de donner la raison implicite du choix de cette valeur.

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  **$v_{T1}$**

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
$e0_{T1}$			$t0_{T1}$

Figure 2.8. : Fenêtre mouvements telle qu'elle apparaît quand le paramètre  $v_{T1}$  est mis en évidence.

Voici donc les différentes questions qui apparaîtront dans la fenêtre guide tandis que  $v_{T1}$  est mis en évidence dans la fenêtre mouvements :

fenêtre guide :

Quel nom voulez-vous donner à ce paramètre ?

■

OK

Figure 2.9. : Fenêtre guide : Première question concernant le paramètre  $v_{T1}$ .

Si le professeur ne désire pas rebaptiser le paramètre, il clique sur le bouton 'OK' directement. Sinon, il écrit dans la fenêtre le nouveau nom du paramètre avant de cliquer sur le bouton 'OK'.

Le nouveau nom vient remplacer l'ancien dans la fenêtre mouvements, il reste en évidence.

Dans notre exemple, le professeur garde le même nom, il clique donc directement sur le bouton 'OK' et aucun changement n'est fait dans la fenêtre mouvements.

Le système demande ensuite de sélectionner l'expression du paramètre dans l'énoncé si elle s'y trouve.

fenêtre guide :

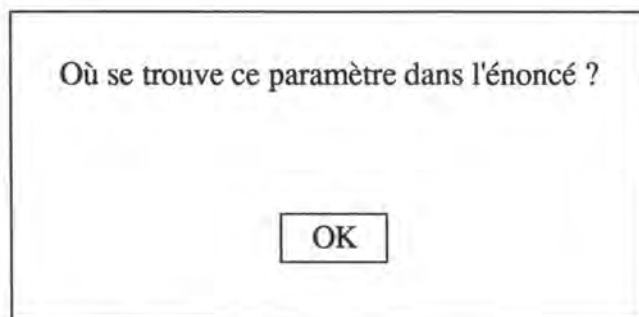


Figure 2.10. : Fenêtre guide : deuxième question concernant le paramètre  $v_{T1}$ .

fenêtre énoncé :

Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à du 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de temps se rencontrent-ils?

Figure 3.11. : Fenêtre énoncé telle qu'elle apparaît quand le professeur y a sélectionné l'expression du paramètre  $v_{T1}$ .

Le professeur sélectionne dans l'énoncé l'expression du paramètre s'il s'y trouve. Ensuite il clique avec la souris sur le bouton 'OK'. Le champ sélectionné dans l'énoncé est mis en évidence.

fenêtre guide :

Quelle est sa valeur ?

110 km/h

OK

Figure 2.12. : Fenêtre guide : troisième question concernant le paramètre  $V_{T1}$ .

La valeur du paramètre vient s'écrire dans la fenêtre mouvements à côté de  $v_{T1}$ .

Si cette valeur est différente de '?' et de '??', elle est mise en évidence à la place du nom de la variable. L'énoncé est remis dans son état initial. On demande au professeur d'y sélectionner la valeur si elle y apparaît.

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  $v_{T1} =$  100 km/h

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
$e0_{T1}$			$t0_{T1}$

Figure 2.13. : Fenêtre mouvements en fin de description du paramètre  $v_{T1}$ .

fenêtre guide :

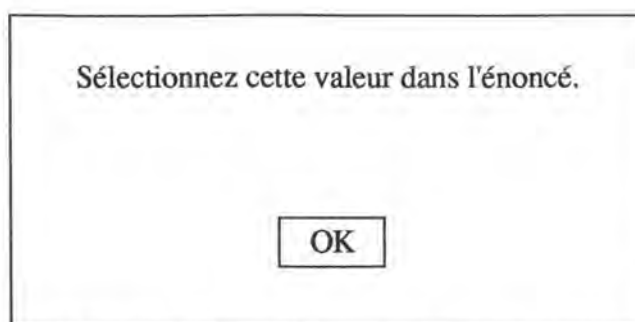


Figure 2.14. : Fenêtre guide : quatrième question concernant le paramètre  $v_{T1}$ .

fenêtre énoncé :

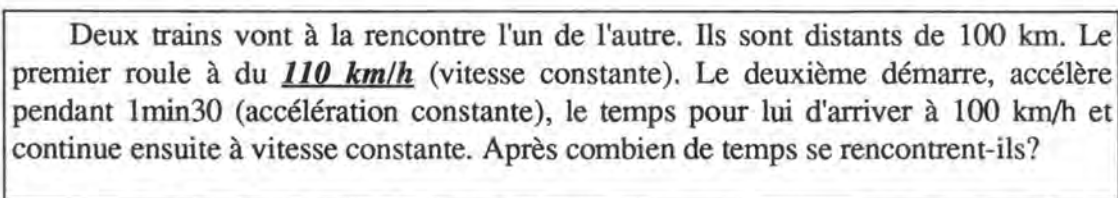


Figure 2.15. : Fenêtre énoncé telle qu'elle apparaît quand le professeur y a sélectionné la valeur du paramètre  $v_{T1}$ .

Le professeur sélectionne dans l'énoncé l'expression de la valeur si elle s'y trouve. Si la valeur de l'expression n'est pas sélectionnée dans l'énoncé, le système demande au professeur de sélectionner, si possible, la raison implicite du choix de cette valeur.

Les mêmes questions seront ensuite posées pour tous les paramètres du mouvement.

Dans le cas du MRU, le système demande donc au professeur de décrire le paramètre espace parcouru initial et le paramètre temps initial.

Donc, dans notre exemple, le système demande au professeur de décrire les paramètres  $e_{0T1}$  et  $t_{0T1}$ . Comme leur valeur n'est pas exprimée explicitement dans l'énoncé, la question supplémentaire suivante apparaît : "Sélectionnez dans l'énoncé la raison implicite du choix de cette valeur." Malheureusement, le professeur ne pourra pas non plus répondre à cette question.

Voici l'état de notre fenêtre mouvements après avoir traité tous les paramètres :

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  $v_{T1} = 110 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
esp_init_T1	0 m	0 s	t_init_T1

Figure 2.16. : Fenêtre mouvements telle qu'elle apparaît après la description de tous les paramètres.

1.3.3. Variables arrêtées et valeurs

Pour les variables arrêtées, la procédure d'attribution de valeur change un peu : puisqu'il faut considérer chaque fois un moment précis, le système va d'abord demander de donner la liste des moments considérés. Ensuite, pour chacun de ces moments, le système demandera les valeurs des variables arrêtées à ce moment-là.

Voici donc les différentes questions qui apparaîtront dans la fenêtre guide tandis que la variable temps est mise en évidence dans la fenêtre mouvements :

fenêtre guide :

Quel est le premier temps considéré ?

nom :  $t_{cherché}$

valeur : ??

OK

Figure 2.17. : Fenêtre guide demandant de donner le nom et la valeur du premier temps considéré pour le premier mouvement.



fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  $v_{T1} = 110 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	<del><math>t_{T1}</math></del>	
esp_init_T1	0 m	0 s	t_init_T1

Figure 2.18. : Fenêtre mouvements telle qu'elle apparaît au début de la description des variables temps et espace parcouru.

Le professeur donne le nom et la valeur du premier moment considéré dans la fenêtre guide avant de cliquer sur le bouton 'OK'. Le nom et la valeur du moment sont ajoutés par le système dans la fenêtre mouvements. Rappelons que toutes les variables arrêtées ainsi que tous les paramètres ont obligatoirement une valeur. Celle-ci peut être donnée dans l'énoncé explicitement ou implicitement. Sinon, il s'agit d'une variable arrêtée intermédiaire ou résultat ou d'un paramètre intermédiaire ou résultat. Selon le cas la valeur vaut '?' ou '??'.

Notons que le professeur n'est pas obligé de baptiser tous les moments considérés. S'ils n'ont pas de nom, le système générera un nom automatiquement :  $t_1$  pour le premier moment considéré n'ayant pas de nom. Attention, il faut ici lire "premier moment considéré introduit par le professeur" et non "premier moment considéré dans le temps". Le système vérifiera que le nom donné automatiquement à la variable arrêtée temps n'est pas déjà utilisé par le professeur.

Ensuite, tandis qu'il est mis en évidence dans la fenêtre mouvements, on demande dans la fenêtre guide si le moment considéré a une expression dans l'énoncé.

fenêtre guide :

Où se trouve l'expression de ce moment dans l'énoncé ?

OK

Figure 2.19. : Fenêtre guide demandant au professeur de sélectionner l'expression du premier temps considéré dans l'énoncé si elle s'y trouve.

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  $v_{T1} = 110 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
esp_init_T1	0 m	0 s	t_init_T1
		??	<b><u>t_cherché</u></b>

Figure 2.20. : Fenêtre mouvements telle qu'elle apparaît après que le professeur ait donné le nom et la valeur du premier temps considéré.

fenêtre énoncé :

Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à du 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de **temps** se rencontrent-ils?

Figure 2.21. : Fenêtre énoncé telle qu'elle apparaît quand le professeur y a sélectionné l'expression du premier temps considéré.

Le professeur sélectionne alors l'expression du moment considéré dans la fenêtre énoncé si elle existe et puis appuie sur le bouton 'OK'.

Si une valeur réelle (autre que '?' ou '??') est attribuée à la variable arrêtée, on demande ensuite au professeur de la mettre en relation avec un champ de l'énoncé, tandis qu'elle est mise en évidence dans la fenêtre mouvements.

Enfin, le système demande au professeur de donner les noms et les valeurs des variables arrêtées du mouvement à ce moment-là. Selon le même scénario que précédemment, le système demande au professeur d'associer une partie de l'énoncé à ces variables arrêtées et à ces valeurs.

Dans le cas du MRU où notre exemple se situe, il n'y a qu'une seule variable arrêtée au temps  $t$  autre que le temps : l'espace parcouru. Cette variable arrêtée aux différents temps considérés dans l'énoncé pourra recevoir un nom généré automatiquement à partir du nom de la variable et du nom ou de la valeur si elle existe du temps considéré. Par exemple, l'espace parcouru par le premier train pendant le temps  $t_{\text{cherché}}$  recevra comme nom automatique :  $e_{T1}(t_{\text{cherché}})$ .

Tandis que la variable espace parcouru arrêtée au temps  $t = t_{\text{cherché}}$  (c'est à dire  $e_{T1}(t_{\text{cherché}})$ ) est mise en évidence dans la fenêtre mouvements, le système propose au professeur de la rebaptiser.

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

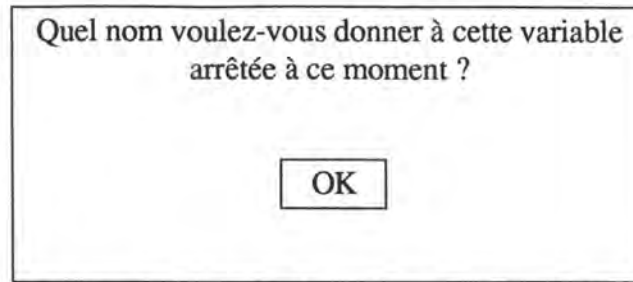
vitesse :  $v_{T1} = 110 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
esp_init_T1	0 m	0 s	t_init_T1
<u><math>e_{T1}(t_{\text{cherché}})</math></u>		??	t_cherché

Figure 2.22. : Fenêtre mouvements telle qu'elle apparaît avant que le professeur choisisse le nom de la variable arrêtée espace parcouru au temps  $t_{\text{cherché}}$ .

fenêtre guide :



Quel nom voulez-vous donner à cette variable  
arrêtée à ce moment ?

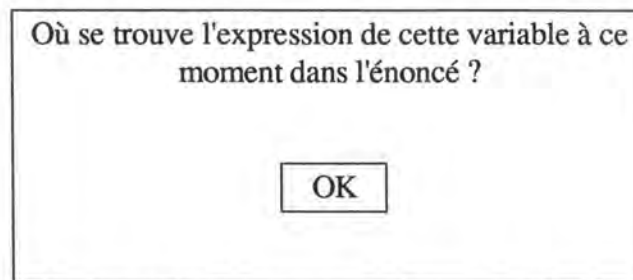
OK

Figure 2.23. : Fenêtre guide demandant au professeur de rebaptiser la variable

Le professeur peut alors donner le nouveau nom de la variable arrêtée ou cliquer directement sur le bouton 'OK' si le nom automatique le satisfait.

Ensuite, le système demande au professeur d'associer cette variable arrêtée à un champ de l'énoncé si c'est possible.

fenêtre guide :



Où se trouve l'expression de cette variable à ce  
moment dans l'énoncé ?

OK

Figure 2.24. : Fenêtre guide demandant au professeur de sélectionner l'expression de la variable arrêtée  $e\theta_{T1}(t\_cherché)$ .

Le professeur sélectionne dans l'énoncé le champ s'il existe et appuie ensuite sur le bouton 'OK'.

Le système demande alors la valeur de cette variable arrêtée tandis qu'elle reste en évidence dans la fenêtre mouvements.

fenêtre guide :

Quelle est sa valeur ?

?

OK

Figure 2.25. : Fenêtre guide demandant la valeur de la variable arrêtée  $e0_{T1}(t\_cherché)$ .

La valeur vient s'inscrire dans le tableau de la fenêtre mouvements à côté du nom de la variable arrêtée. Si elle est réelle donc différente de '?' et de '??', ce qui n'est pas le cas dans notre exemple, le système demande au professeur de sélectionner cette valeur dans l'énoncé.

Il faut ensuite considérer les autres moments un à un. Le système demande alors au professeur le temps suivant considéré.

fenêtre guide :

Quel est le temps suivant considéré ?

nom :

valeur :

OK

FIN

Figure 2.26. : Fenêtre guide demandant au professeur le nom et la valeur du temps suivant considéré pour le premier mouvement.

Le même scénario continue pour chacun des temps à considérer pour le mouvement en question jusqu'à ce que le professeur clique sur le bouton 'FIN'. A chaque nouveau temps considéré, une nouvelle ligne est ajoutée dans le tableau de la fenêtre mouvements.

Une fois le premier mouvement entièrement décrit, le professeur doit prévoir l'aide qui sera apportée à l'étudiant en cours de résolution. Nous avons réservé tout un chapitre à l'aide un peu plus loin<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Voir page 51



### 1.3.4. Les mouvements suivants

Le système propose ensuite au professeur de décrire le mouvement suivant de l'énoncé.

fenêtre guide :

The diagram shows a rectangular window titled "Type du mouvement suivant:". Inside the window, there are three buttons: "MRU" on the left, "FIN" in the center, and "MRUA" on the right. The buttons are arranged horizontally, with "FIN" positioned slightly below the level of "MRU" and "MRUA".

*Figure 2.27. : Fenêtre guide pour les mouvements suivants.*

Le même scénario que celui décrit précédemment sera répété pour tous les mouvements de l'énoncé donnés par le professeur. Quand le professeur a décrit tous les mouvements, il clique avec la souris sur le bouton 'FIN'.

Voici l'état de la fenêtre mouvements une fois tous les mouvements décrits par le professeur :

fenêtre mouvements :

MRU<sub>T1</sub> : le premier train

vitesse :  $v_{T1} = 110 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T1}$	$t_{T1}$	
esp_init_T1	0 m	0 s	t_init_T1
$e_{T1}(t_{\text{cherché}})$	?	??	t_cherché

MRUA<sub>T2.1</sub> : le deuxième train pendant sa phase  
d'accélération

accélération :  $a_{T2.1} = ?$

espace parcouru, vitesse et temps :

(nom)	$e_{T2.1}$	(nom)	$v_{T2.1}$	$t_{T2.1}$	(nom)
$e0_{T2.1}$	100 km	$v0_{T2.1}$	0 m/s	0 s	$t0_{T2.1}$
$e_{T2.1}(t_{\text{tot\_acc}})$	?	$v_{T2.1}(t_{\text{tot\_acc}})$	-100 km/h	1min30	t_tot_acc

MRU<sub>T2.2</sub> : le deuxième train pendant sa phase à vitesse constante

vitesse :  $v_{T2.2} = -100 \text{ km/h}$

espace parcouru et temps :

	$e_{T2.2}$	$t_{T2.2}$	
$e0_{T2.2}$	?	?	$t0_{T2.2}$
$e_{T2.2}(t_{\text{cherché}})$	?	??	t_cherché

Figure 2.28. : Fenêtre mouvements avec toute la description des trois mouvements

### 1.3.5. La séquence

En fait, rien n'oblige le professeur à respecter l'ordre de description proposé : par plusieurs astuces, il peut lui même choisir cet ordre.

Rappelons tout d'abord l'ordre prévu par le système :

- Pour chaque mouvement :
  - Donner le type du mouvement.
  - Donner le nom du mobile en mouvement et sélectionner son expression dans l'énoncé ; donner l'indice correspondant.
- Pour chaque paramètre de ce mouvement :
  - Le rebaptiser et sélectionner son expression dans l'énoncé.
  - Donner sa valeur et la sélectionner dans l'énoncé sinon sélectionner la raison implicite du choix de cette valeur.
- Pour chaque moment considéré :
  - Rebaptiser la variable arrêtée "temps écoulé" (=  $t_{\text{repère}}$  pour la suite du texte) et sélectionner son expression dans l'énoncé.
  - Donner sa valeur et la sélectionner dans l'énoncé sinon sélectionner la raison implicite du choix de cette valeur.
- Pour chaque variable autre que le temps :
  - Rebaptiser la variable arrêtée au temps  $t_{\text{repère}}$  et donner son expression dans l'énoncé.
  - Donner la valeur de la variable arrêtée et la sélectionner dans l'énoncé sinon sélectionner la raison implicite du choix de cette valeur.

Pour ne pas devoir suivre cette séquence, le professeur peut à tout moment sélectionner dans la fenêtre mouvements l'élément qu'il veut traiter.

Ainsi, après avoir donné le type d'un mouvement et le nom du mobile qui se déplace, le début de la description de ce mouvement est automatiquement ajouté dans la fenêtre mouvements. Le professeur peut sélectionner dans cette fenêtre un des éléments qui y apparaît déjà : le nom d'un paramètre ou celui d'une variable. Que se passe-t-il alors ? Si le professeur a sélectionné le nom d'un paramètre, le système reprend la séquence présentée plus haut en commençant par les questions au sujet du paramètre. Si le professeur a sélectionné le nom d'une variable, le système retient de quelle variable il s'agit. Le système

reprend la séquence de questions à partir de celles concernant le moment considéré. Ensuite, il propose les questions au sujet de la variable sélectionnée avant de proposer les questions au sujet des autres variables.

De même, en cours de description, le professeur peut sélectionner dans la fenêtre mouvements d'autres types d'éléments qu'il voudrait traiter en priorité : il peut sélectionner les tirets qui apparaissent suite aux questions non encore abordées. Il peut ainsi laisser en suspens des éléments et les traiter facilement quand il le désire par la suite.

Enfin, le professeur peut sélectionner un élément qu'il n'a pas encore traité entièrement. Le système reprend la séquence de question à partir de la première laissée en suspens concernant cet élément.

Remarquons que les seules questions qui seront proposées au professeur sont celles auxquelles il n'a pas encore répondu mises à part celles qui concernent directement la sélection. En effet, si le professeur sélectionne un élément de la fenêtre mouvements qu'il a déjà traité entièrement, toutes les questions concernant cet élément sont reposées et les réponses sont rappelées pour que le professeur puisse les modifier. Grâce à ce principe, le professeur peut corriger des éléments en les sélectionnant. Quand le professeur sélectionne un élément dont il a déjà donné l'expression dans l'énoncé, cette sélection est remise en évidence dans la fenêtre énoncé. Le professeur peut modifier cette sélection : dès qu'il commence une nouvelle sélection, l'ancienne disparaît.

Quand le système arrive à la fin de la séquence de questions, il propose au professeur de répondre aux différentes questions laissées en suspens toujours en suivant l'ordre proposé plus haut.

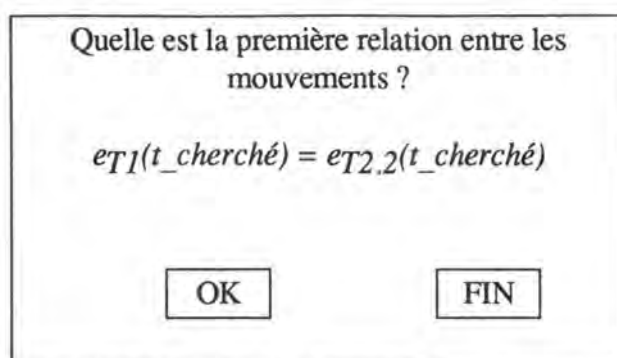
Le professeur ne doit pas non plus attendre chaque fois que le système lui demande d'associer un champ de l'énoncé avec les variables et les valeurs. Il peut le faire chaque fois qu'il a donné le nom d'une variable ou sa valeur avant d'appuyer sur le bouton 'OK'. Le système le détecte et ne lui demande plus de faire cette sélection. Pourquoi alors ne pas obliger le professeur de faire lui-même ces sélections sans que l'on doive systématiquement le lui demander ? Ceci pour l'inciter à faire un maximum de sélections et de n'en oublier aucune ; on lui rappelle ainsi chaque fois qu'un exercice ne peut être correctement traité par ce système que si ces sélections sont faites.

Pour alléger le texte et ainsi faciliter la compréhension, tous les mots clés des champs ont été passés sous silence. En fait, à chaque champ sélectionné dans l'énoncé, le système demande au professeur, par l'intermédiaire de la fenêtre guide, d'y sélectionner les mots clés. Le professeur clique sur les mots qu'il choisit pour être les mots clés dans le champ en question.

#### **1.4. Les relations entre les mouvements**

Quand tous les mouvements sont décrits, il reste alors à donner les différentes relations entre eux.

fenêtre guide :



Quelle est la première relation entre les mouvements ?

$$e_{T1}(t\_cherché) = e_{T2,2}(t\_cherché)$$

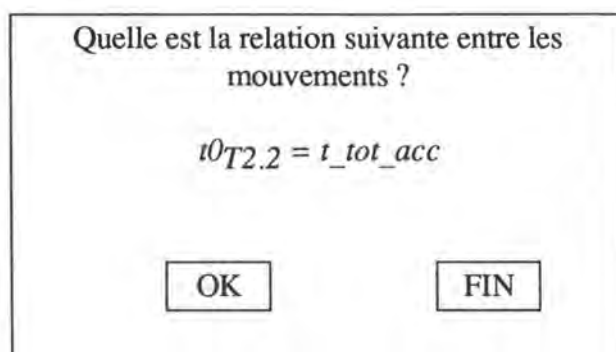
OK FIN

Figure 2.29. : Fenêtre guide demandant les relations entre les mouvements

Rappelons que le professeur ne peut utiliser que les grandeurs des mouvements qu'il a décrites précédemment.

Le système lui demande ensuite la relation suivante jusqu'à ce que le professeur clique avec la souris sur le bouton 'FIN'.

fenêtre guide :



Quelle est la relation suivante entre les mouvements ?

$$t_{0T2,2} = t_{tot\_acc}$$

OK FIN

Figure 2.30. : Fenêtre guide demandant la relation suivante

Les trois étapes de la définition des mouvements - pour rappels : séparer les différents mouvements, donner les relations entre l'énoncé et les variables et relier les différents mouvements - sont finies. Il ne nous reste plus que la dernière étape à mettre en lumière : prévoir l'aide.

## 1.5. L'aide

Toute une série de questions-réponses sont générées automatiquement. Elles sont proposées au professeur qui peut les corriger s'il le juge nécessaire. Le professeur peut également écrire sa propre aide manuellement.

La génération automatique de l'aide va venir perturber la séquence de description de l'énoncé. Le professeur peut demander au système de traiter l'aide à la fin. Le professeur peut également choisir de créer son aide manuelle quand il le veut. Pour permettre cela, un menu lui est proposé. Dans le menu aide, le professeur peut choisir entre "définir", "modifier" et



"option". Définir une aide donne la possibilité au professeur de définir une aide manuelle ; modifier une aide permet au professeur de modifier une aide écrite manuellement ou une aide générée automatiquement par le système même si elle a déjà été modifiée, "option" permet au professeur de choisir d'être sollicité systématiquement quand une aide a été générée par le système ou d'attendre la fin de la description pour modifier les aides automatiques.

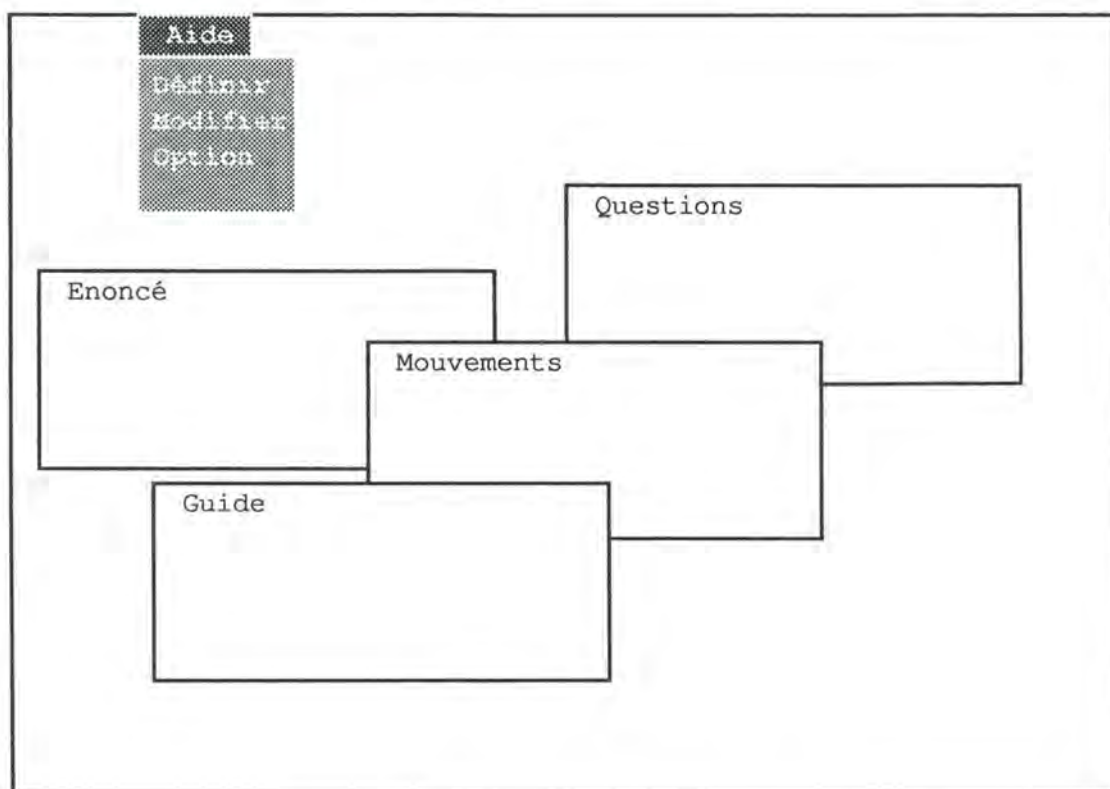


Figure 2.31. : Fenêtres et menu de l'éditeur d'énoncé

Pour décrire comment cela se passe, on suppose que le professeur a choisi l'option par défaut : être sollicité systématiquement pour modifier l'aide automatique.

L'aide automatique ne sera générée qu'à trois moments différents : d'abord, lors de la sélection dans l'énoncé d'un champ pour le mettre en rapport avec un élément de la description (paramètre, variable arrêtée ou valeur), ensuite, lors de la sélection dans l'énoncé de la raison implicite du choix d'une valeur et, enfin, à la fin de la description. Pour chacun de ces moments, deux types d'aide vont être générées.

**Lors de la sélection d'un champ dans l'énoncé pour le mettre en rapport avec un élément de la description**, le système va générer deux aides automatiques. La première, du niveau 2, signale à l'étudiant qu'il faut utiliser ce champ s'il ne l'a pas fait. La deuxième, du niveau 3, donne à l'étudiant le rôle dans les mouvements de l'élément sélectionné.

La première aide est une aide standard. Elle se compose donc d'une question, d'une mise en évidence et d'une réponse. La question générée est "Ne faut-il pas utiliser la sélection faite dans l'énoncé ?", la mise en évidence qui accompagne cette question est simplement le champ

de l'énoncé que le professeur vient de mettre en rapport avec un de ses éléments et la réponse est de la forme la plus simple : 'OK'.

Ces éléments vont se mettre en place dans les fenêtres adéquates : la question et la réponse dans la fenêtre questions, la sélection dans la fenêtre énoncé.

Dans la fenêtre guide, le système propose au professeur de modifier la question, puis, de modifier la sélection et ensuite de modifier la réponse proposée. Le professeur fait chaque fois ces modifications dans la fenêtre adéquate. Si, de part les modifications, nous n'avons plus le même niveau d'aide, le professeur peut modifier ce niveau. Si le professeur veut modifier le style de l'aide, par exemple, avoir plusieurs réponses en choix multiples, il doit supprimer cette aide pour la réécrire manuellement.

Voyons à l'aide d'un exemple comment cela se déroule. Le professeur associe le champ de l'énoncé "le temps pour lui d'arriver à 100 km/h" à la troisième ligne avec la variable arrêtée `t_tot_acc`. Le système génère l'aide décrite plus haut, ce qui donne rangé dans les fenêtres :

Fenêtre questions :

Ne faut-il pas utiliser le champ sélectionné dans l'énoncé ?

OK

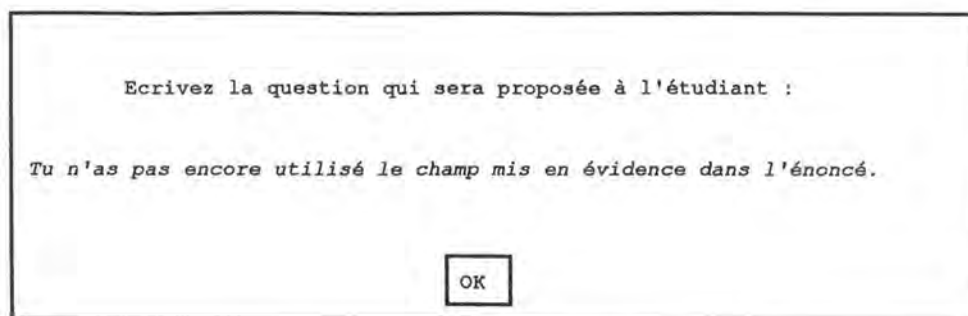
Fenêtre énoncé :

Deux trains vont à la rencontre l'un de l'autre. Ils sont distants de 100 km. Le premier roule à 110 km/h (vitesse constante). Le deuxième démarre, accélère pendant 1min30 (accélération constante), le temps pour lui d'arriver à 100 km/h et continue ensuite à vitesse constante. Après combien de temps se rencontrent-ils ?

Figure 2.32. : Fenêtres questions et mouvements - aide pour un champ oublié

Dans la fenêtre guide, le système propose au professeur de modifier la question. Le professeur écrit la nouvelle question dans la fenêtre guide.

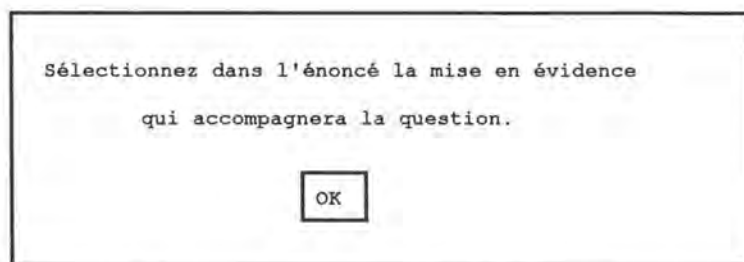
Fenêtre guide :



*Figure 2.33. : Fenêtre guide - aide pour un champ oublié*

Ensuite, le professeur peut modifier la mise en évidence dans l'énoncé. Dès qu'il commence une nouvelle sélection, l'ancienne disparaît.

Fenêtre guide :



*Figure 2.34. : Fenêtre guide - demande de sélection de la mise en évidence*

Enfin, le système propose dans la fenêtre guide : "Ecrivez ce que vous voulez pour remplacer 'OK'".

La deuxième aide générée lors de la mise en rapport d'un champ de l'énoncé avec un élément de la description est aussi une aide standard. Elle se compose donc aussi d'une question, d'une mise en évidence et d'une réponse. La question générée est "Il s'agit de [rôle de cet élément et mobile]", la mise en évidence qui accompagne cette question est simplement le champ de l'énoncé que le professeur vient de mettre en rapport avec un de ses éléments et la réponse est de la forme la plus simple : 'OK'.

Cette aide, de niveau 3, permet à l'étudiant de connaître le rôle d'un élément. Lors de la génération de la question, le système remplace les mots "rôle de cet élément" par vitesse, temps, espace parcouru ou accélération selon le cas et remplace les mots "et mobile" par "de" suivi du nom du mobile. Le professeur devra absolument franciser cette phrase et en plus spécifier s'il s'agit d'une variable initiale, etc... Comme le déroulement reste sensiblement le même pour chacune des aides, nous ne les décrirons pas toutes en détails.

**Lors de la sélection dans l'énoncé de la raison implicite de l'attribution d'une valeur à un élément**, le système va générer deux aides automatiques. La première, du niveau 2, signale à l'étudiant qu'il faut utiliser ce champ s'il ne l'a pas fait. La deuxième, du

niveau 3, donne à l'étudiant l'élément qui est influencé par le fait mis en évidence dans l'énoncé.

**A la fin de la description,** le système va générer deux aides automatiques. Ces deux aides sont du niveau 0 et permettent au système de connaître le rôle de l'élément de l'étudiant dans les mouvements.

## 1.6. Les formules

Le système va générer les formules qui seront proposées à l'étudiant lors de la résolution de l'exercice. Le système ne va pas générer uniquement les formules correctes mais aussi des formules incorrectes.

Les formules correctes générées sont les formules suivantes dans lesquelles on utilisera les noms donnés par le professeur :

$$e = e_0 + v_0 * (t - t_0) + \frac{a * (t - t_0)^2}{2}$$

$$v = v_0 + a * (t - t_0)$$

et des formules dérivées :

$$e = e_0 + v * t \text{ (si l' accélération est nulle )}$$

$$e - e_0 = v * t$$

$$v = \frac{e - e_0}{t}$$

$$t = \frac{e - e_0}{v}$$

$$e = v * t \text{ (si l' espace initial et l' accélération sont nuls )}$$

$$v = \frac{e}{t}$$

$$t = \frac{e}{v}$$

$$e = \frac{a * t^2}{2} \text{ (si l' espace initial et la vitesse initiale sont nuls )}$$

$$a = \frac{2 * e}{t^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 * e}{a}}$$

$v = a * t$  (si la vitesse initiale est nulle )

$$a = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{a}$$

Ces formules seront proposées à l'étudiant en utilisant cette fois les noms donnés par celui-ci.

Des formules incorrectes vont être aussi générées par le système en mélangeant les grandeurs de différents mouvements. Le système va remplacer les grandeurs d'une formule correcte par des grandeurs de même type choisies dans les autres mouvements. Le système va aussi proposer les formules erronées habituelles :  $v=e*t$ , etc...

Une partie des formules **correctes** générées par le système dans notre exemple seront :

$$e_{T1}(t\_cherché) = v_{T1} * (t\_cherché)$$

$$e_{T2.1}(t\_tot\_acc) = \frac{a_{T2.1} * (t\_tot\_acc)^2}{2}$$

$$a_{T2.1} = \frac{v_{T2.1}(t\_tot\_acc)}{t\_tot\_acc}$$

$$e_{T2.2}(t\_cherché) = e_{0_{T2.2}} + v_{T2.2} * (t\_cherché)$$

Le système génère également les expressions qui relient les différents mouvements en se basant sur la description donnée par la professeur :

$$e_{T1}(t\_cherché) = e_{T2.2}(t\_cherché)$$

$$e_{0_{T2.2}} = e_{T2.1}(t\_tot\_acc)$$

$$t_{0_{T2.2}} = t\_tot\_acc$$

Un exemple de formules **incorrectes** serait :

$$e_{T1}(t\_cherché) = e_{T2.1}(t\_tot\_acc)$$

Le professeur peut choisir dans la liste des formules proposées celles qu'il trouve intéressantes. Il suffit pour cela qu'il les sélectionne avec la souris. Il peut ajouter à cette liste ses propres formules en précisant chaque fois si elles sont correctes ou non.



## Chapitre 2 : L'accompagnateur de résolution

Nous décrivons ici le déroulement de l'accompagnateur de résolution. Ensuite, nous expliquons comment fonctionne les modules qui aident cet accompagnateur : le générateur de formules, le générateur d'aide, le correcteur, le résolveur d'équations et le convertisseur d'unités.

L'étudiant reçoit du système l'énoncé de l'exercice. Pour résoudre un exercice, l'étudiant doit introduire les éléments dont il a besoin, les relier à des champs de l'énoncé, choisir les formules correctes, les instancier, les évaluer jusqu'à obtenir une valeur pour toutes les grandeurs résultat. Il pourra faire tout cela en utilisant des menus et en répondant à des questions.

### 2.1. Fenêtres

Au cours de la résolution, l'étudiant sera confronté à différentes fenêtres. Il y aura une fenêtre de guide, une fenêtre d'énoncé, une fenêtre de variables et une fenêtre de travail.

#### Fenêtre guide

C'est par la fenêtre guide que l'accompagnateur de résolution communique à l'étudiant. Cette fenêtre a le même rôle que la fenêtre guide du professeur décrite précédemment. C'est entre autres dans cette fenêtre que les questions de l'aide prévue par le professeur vont apparaître.

#### Fenêtre énoncé

L'énoncé est rangé dans la fenêtre énoncé. L'étudiant reçoit l'énoncé tel que le professeur l'a écrit. L'étudiant ne peut bien sûr pas le modifier. Il peut toutefois accéder à cette fenêtre pour sélectionner des champs.

#### Fenêtre variables

Les variables, les paramètres et leur valeurs seront rangées dans la fenêtre variables dans laquelle l'étudiant peut à tout moment ajouter une nouvelle variable. Comme nous le verrons, l'étudiant n'écrit pas directement dans cette fenêtre, c'est le système qui se charge de la remplir avec les éléments donnés par l'étudiant. Ainsi, quand une nouvelle valeur est trouvée par calcul, le système se charge lui-même de ranger cette valeur dans la fenêtre à l'endroit adéquat.

C'est aussi dans cette fenêtre que les mouvements seront décrits.

#### Fenêtre de travail

Les différentes expressions qui composent la résolution se trouvent dans la fenêtre de travail. Ces expressions sont soit des formules choisies dans les listes proposées par le système, soit des instanciations de ces formules ou des évaluations de ces formules. Dans

cette fenêtre, l'étudiant pourra sélectionner une expression. Ainsi, l'étudiant pourra recevoir une aide au sujet de la sélection.

## 2.2. Les menus

Toutes les actions que l'étudiant pourrait être amené à réaliser sont présentés dans des menus. Au total, cinq menus sont proposés à l'étudiant. Cela permet au système de savoir précisément à tout moment ce que l'étudiant veut.

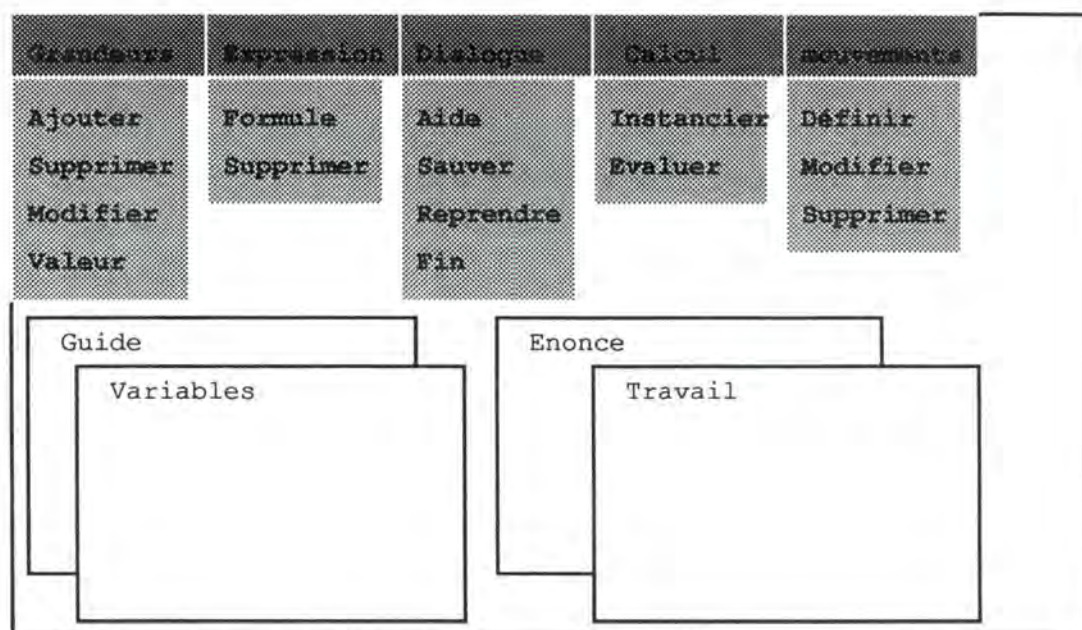


Figure 2.35. : Les menus et les fenêtres.

### Le menu "Grandeurs"

#### a) Ajouter

Pour introduire un nouvel élément dans la fenêtre variables, l'étudiant choisit "ajouter" dans le menu grandeurs. Le système lui demande alors le nom du nouvel élément qu'il veut introduire et ensuite, lui demande de l'associer à un champ de l'énoncé. Si l'association n'est pas possible, le système demande à l'étudiant le rôle de cet élément. Toutes ces questions apparaissent dans la fenêtre guide. Rappelons qu'elles sont générées par le système et que le professeur a eu la possibilité de les reformuler lorsqu'il a décrit l'exercice.

L'étudiant peut refuser de répondre à ces questions. Dans ce cas, le système les reposera au moment où l'étudiant demande de l'aide. S'il a laissé ces questions en suspens, il peut choisir "modifier" dans ce même menu pour y revenir.

Le nouvel élément est ajouté dans la fenêtre variables par le système. Quand il sera sélectionné par l'étudiant, le champ correspondant est mis en évidence dans la fenêtre



énoncé. Si un rôle et un mouvement sont associés à cet élément, une petite flèche est placée à côté de l'élément. Si l'étudiant clique dessus, le numéro du mouvement et le rôle de l'élément dans ce mouvement apparaissent. C'est ce qui est représenté dans le schéma suivant.

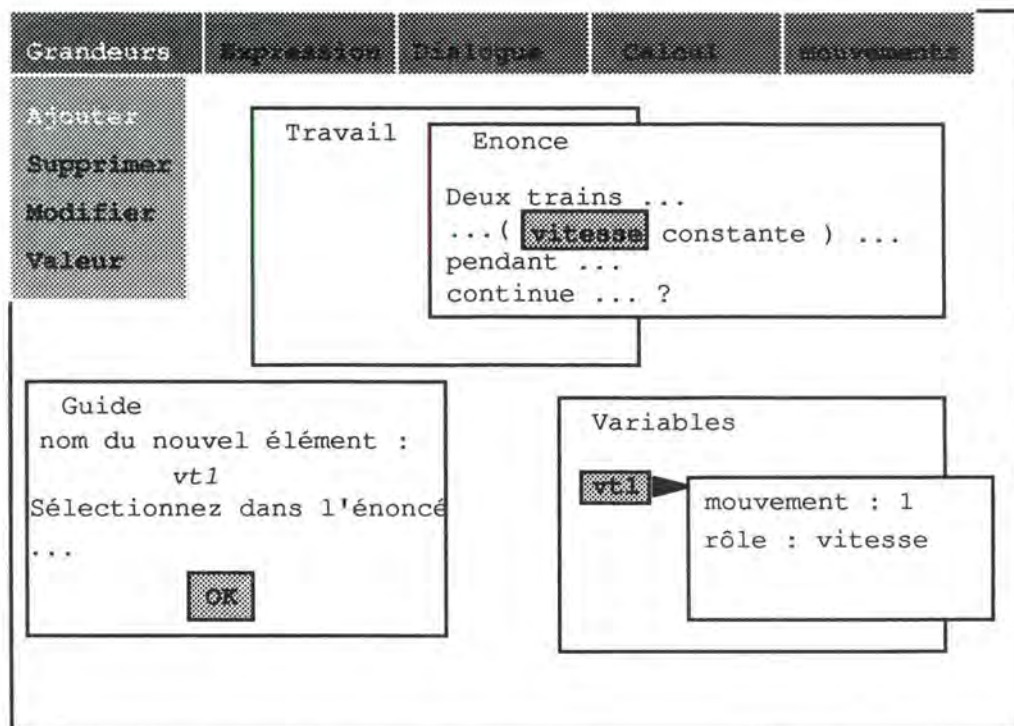


Figure 2.36. : L'étudiant sélectionne une variable dans la fenêtre variables. Le champ correspondant est mis en évidence dans la fenêtre Enoncé. Il clique sur la flèche à côté de la variable et le numéro du mouvement et le rôle de la variable apparaissent.

Le déroulement est donc le suivant :

L'étudiant sélectionne "ajouter" dans le menu grandeurs. Dans la fenêtre guide, l'accompagnateur de résolution demande : "Quel est le nom du nouvel élément ?". L'étudiant écrit le nom de l'élément dans la fenêtre et clique sur le bouton 'OK'. Avant de cliquer sur le bouton, il peut sélectionner l'expression de l'élément dans la fenêtre énoncé. Le nouvel élément est ajouté dans la fenêtre variables et est mis en évidence. Ainsi, l'étudiant sait que les questions suivantes se rapportent à cet élément. S'il n'a pas fait de sélection dans l'énoncé, l'accompagnateur de résolution lui demande dans la fenêtre guide : "Sélectionne son expression dans l'énoncé.". Une fois cette sélection faite, l'étudiant clique sur le bouton 'OK'. Si aucune sélection n'est faite, l'accompagnateur de résolution demande à l'étudiant dans la fenêtre guide : "A quel mouvement est associé cet élément ?" L'étudiant donne le numéro du mouvement s'il existe déjà. Sinon, il donne le nom du mobile et le type de mouvement. L'étudiant est obligé d'utiliser le numéro du mouvement s'il existe déjà. Si un nouveau mouvement est introduit, il est ajouté à la suite des autres en bas de la fenêtre variables et un nouveau numéro lui est attribué qui pourra être utilisé par la suite. L'étudiant peut sélectionner l'expression du mobile dans l'énoncé avant de cliquer sur le bouton 'OK'. S'il ne le fait

pas, l'accompagnateur de résolution lui demande de le sélectionner. Ensuite, l'accompagnateur de résolution demande : "Quel est le rôle de l'élément dans le mouvement ?" L'étudiant écrit le rôle de l'élément dans la fenêtre guide avant de cliquer sur le bouton 'OK'.

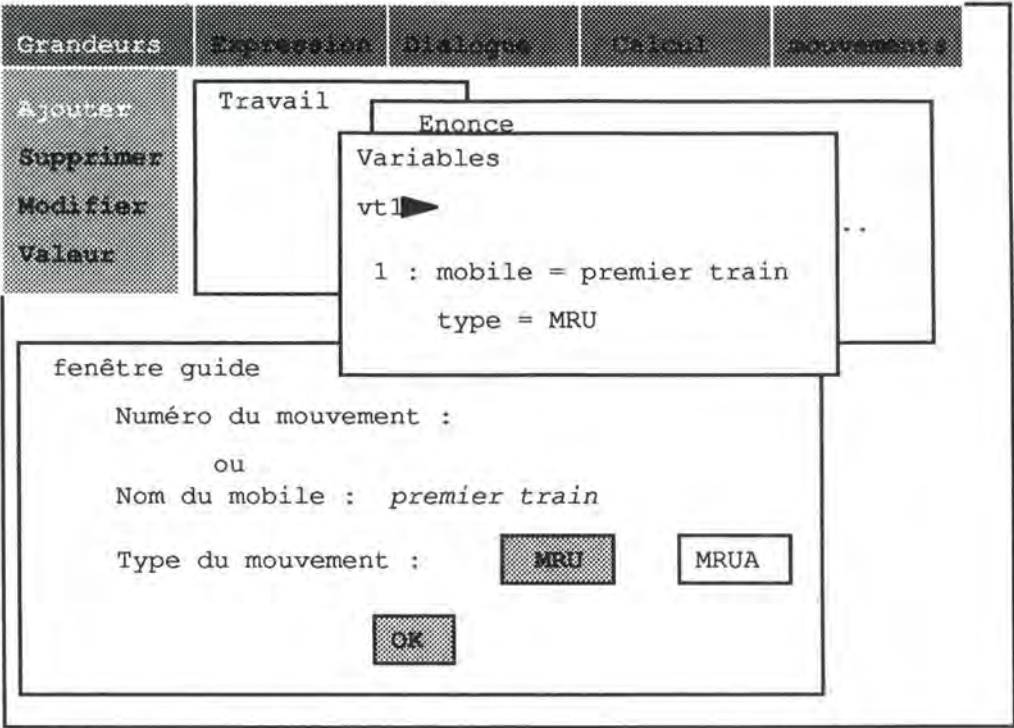


Figure 2.37. : L'étudiant décrit un nouveau mouvement.

### b) Supprimer

Pour supprimer une grandeur, l'étudiant choisit "supprimer" dans le menu Grandeurs.

Le système demande de sélectionner dans la fenêtre variables les grandeurs à supprimer. Quand il a sélectionné toutes les grandeurs à supprimer, l'étudiant clique sur le bouton 'OK' de la fenêtre guide. Le système demande une confirmation pour toutes les grandeurs qui apparaissent dans une ou plusieurs expressions avant de les supprimer.

### c) Modifier

Pour modifier une grandeur, l'étudiant choisit "modifier" dans le menu Grandeurs. Une grandeur est caractérisée par plusieurs éléments. Elle peut être associée à un champ de l'énoncé ou avoir un rôle pour un mobile donné ; elle peut avoir une valeur. Ce sont ces trois éléments que l'on peut modifier ainsi que le nom de la grandeur.

Si aucune grandeur n'est sélectionnée dans la fenêtre variables, le système demande d'en sélectionner une.



Le système demande dans la fenêtre guide le nouveau nom que l'on veut donner à l'élément. Le nouveau nom est répercuté dans toutes les expressions qui l'utilisent. S'il ne veut pas modifier le nom, l'étudiant laisse cette question en suspens et poursuit ses modifications comme expliqué ci-dessous.

Si aucun champ de l'énoncé ou aucun rôle n'est associé à l'élément, le système repose les questions laissées en suspens lors de l'insertion de l'élément.

Puisqu'un élément est sélectionné dans la fenêtre variables, le champ de l'énoncé qui est associé à cet élément est mis en évidence dans la fenêtre énoncé. L'étudiant peut en choisir un autre. A nouveau, quand il commence une nouvelle sélection, l'ancienne disparaît. Il peut associer un champ à l'élément même si aucun champ ne lui était associé jusque là.

Pour modifier le numéro du mouvement ou le rôle de l'élément, l'étudiant doit cliquer sur la flèche puis sur l'élément qu'il veut modifier. Le système lui demande alors (dans la fenêtre guide) le nouveau numéro de mouvement ou le nouveau rôle qui s'inscrivent à la place de l'ancien. Pour simplifier le problème, l'étudiant n'a pas ici la possibilité d'introduire un mouvement qui n'a pas encore été introduit. Il peut facilement l'introduire en sélectionnant "définir" dans le menu mouvements.

Pour modifier la valeur d'un élément, l'étudiant clique sur cette valeur. L'accompagnateur de résolution lui demande alors dans la fenêtre guide la nouvelle valeur de l'élément qui vient automatiquement remplacer l'ancienne.

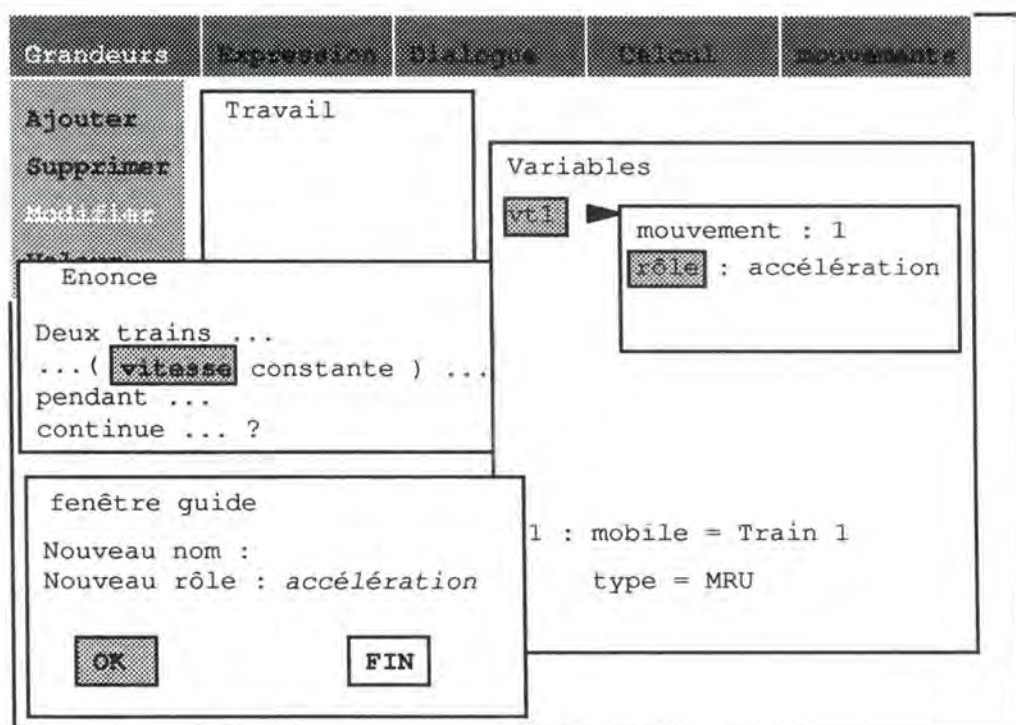


Figure 2.38. : L'étudiant modifie le rôle associé à un élément.



L'étudiant clique sur le bouton 'FIN' de la fenêtre guide pour signaler qu'il a fini toutes les modifications concernant la grandeur sélectionnée.

Si l'étudiant a sélectionné une valeur comme élément qu'il veut modifier, le champ correspondant est mis en évidence dans l'énoncé. Le déroulement sera un peu différent. La première question dans la fenêtre guide sera "Nouvelle valeur:" et non plus "Nouveau nom:". Deux types de champs peuvent être associés dans l'énoncé à cette valeur : son expression ou la raison implicite de l'attribution de cette valeur à l'élément. Le champ mis en évidence dans l'énoncé quand l'étudiant sélectionne la valeur dans la fenêtre variables est la représentation de cette valeur si elle existe. Pour voir l'autre champ qui lui est associé, l'étudiant doit sélectionner le signe égal situé entre l'élément et la valeur. C'est ce que nous avons représenté dans la figure ci-dessous. L'élément vt2ai a été choisi par notre étudiant fictif pour représenter la vitesse initiale du deuxième train pendant sa phase accélérée.

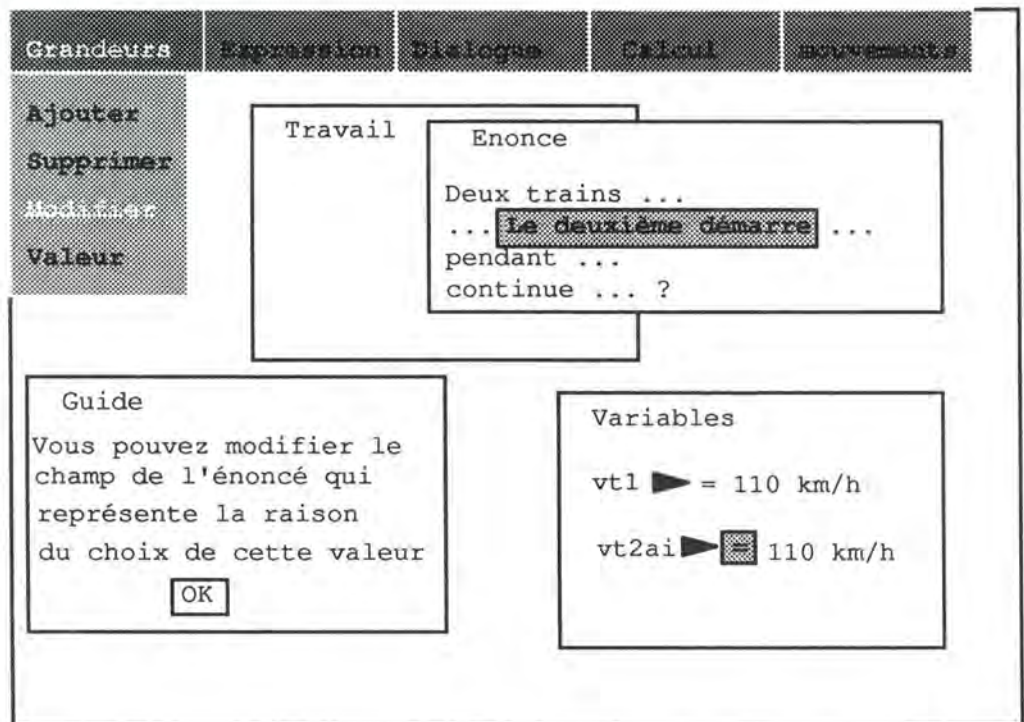


Figure 2.39. : L'étudiant veut modifier la sélection de la raison implicite qui donne la valeur 110 km/h à la variable vt2ai

#### d) Valeur

Pour attribuer une valeur à un paramètre ou à une variable arrêtée, l'étudiant choisit "valeur" dans le menu grandeurs.

Si aucune grandeur n'est sélectionnée dans la fenêtre variables, le système demande à l'étudiant d'en sélectionner une. Le système demande la valeur qu'il veut attribuer à la grandeur, de sélectionner son expression dans l'énoncé sinon de sélectionner la raison

implicite du choix de cette valeur. La valeur est automatiquement écrite dans la fenêtre variables à côté de l'élément.

## Le menu "Expression"

### a) Formule

Les expressions qui vont apparaître dans la fenêtre de travail découlent toutes de formules. L'étudiant doit choisir ces formules dans des listes qui sont proposées quand l'étudiant choisit "formule" dans le menu expression.

Si l'étudiant n'a sélectionné aucune grandeur dans la fenêtre variables, le système lui demande d'en sélectionner une. Les formules de la liste font intervenir cette grandeur et d'autres éléments déjà mis en évidence par l'étudiant.

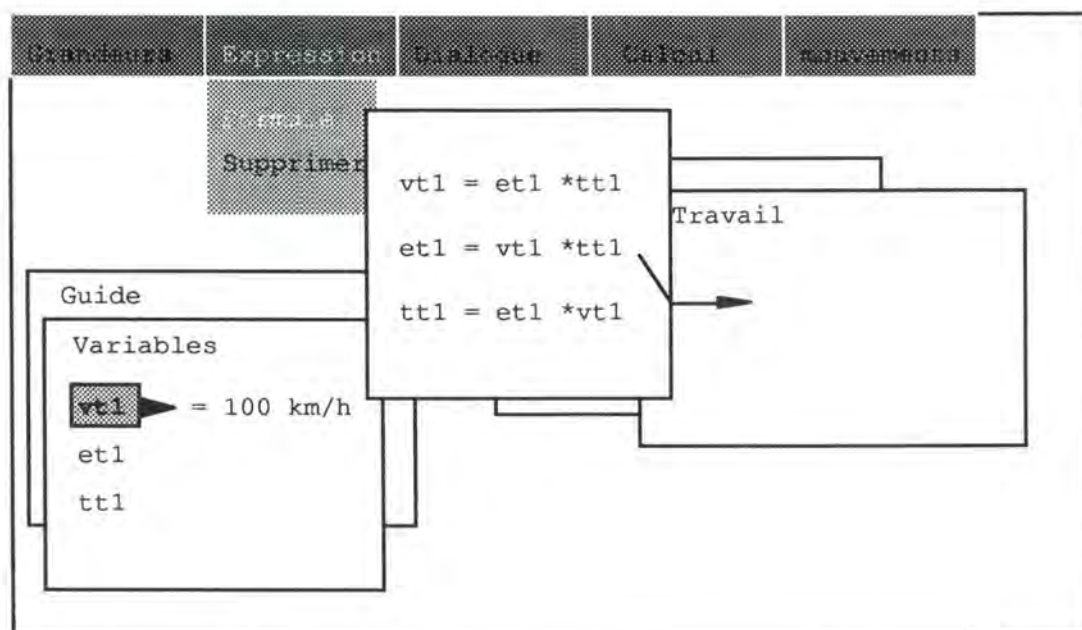


Figure 2.40. : L'étudiant choisit une formule, elle s'inscrit dans la fenêtre de travail

La formule choisie est automatiquement ajoutée à la suite des autres expressions dans la fenêtre de travail.

### b) Supprimer

Pour supprimer une expression, l'étudiant choisit "supprimer" dans le menu expression. L'expression sélectionnée par l'étudiant est supprimée. Le système demande une confirmation s'il existe des expressions qui découlent de l'expression à supprimer.

## **Le menu "Dialogue"**

### **a) Aide**

Pour obtenir de l'aide, l'étudiant choisit "aide" dans le menu dialogue.

Si l'étudiant a sélectionné un élément, l'aide concernera directement cet élément. Sinon, le système corrige la résolution et montre à l'étudiant la première erreur. En l'absence d'erreurs, si l'exercice n'est pas fini, le système dit à l'étudiant que le début de la résolution semble correct et met en évidence dans l'énoncé un champ non utilisé nécessaire à la résolution. Si l'exercice est fini et est correct, le système le signale à l'étudiant.

### **b) Sauver**

Pour sauver une résolution, éventuellement pour pouvoir la poursuivre plus tard, l'étudiant choisit "sauver" dans le menu dialogue. L'accompagnateur de résolution demande alors à l'étudiant sous quel nom il désire sauver la résolution de l'exercice.

### **c) Reprendre**

Pour continuer un exercice précédemment sauvé, l'étudiant choisit "reprendre" dans le menu dialogue. L'accompagnateur de résolution demande alors à l'étudiant le nom de l'exercice qu'il veut reprendre. L'étudiant peut poursuivre l'exercice.

### **d) Fin**

Pour signaler qu'il a fini un exercice, l'étudiant choisit "fin" dans le menu dialogue. L'exercice est alors corrigé et la première erreur est indiquée à l'étudiant qui peut reprendre la résolution.

### **d) Imprimer**

L'étudiant peut aussi imprimer une résolution. Pour cela il choisit "imprimer" dans le menu dialogue. Les contenus des différentes fenêtres seront imprimés les uns à la suite des autres.

## **Le menu "Calcul"**

### **a) Instancier**

Pour instancier une expression, l'étudiant choisit "instancier" dans le menu calcul. Si l'étudiant n'a sélectionné aucune expression dans la fenêtre de travail, le système lui demande d'en sélectionner une. Le système remplace le nom des grandeurs dont l'étudiant a donné ou calculé la valeur par cette valeur.



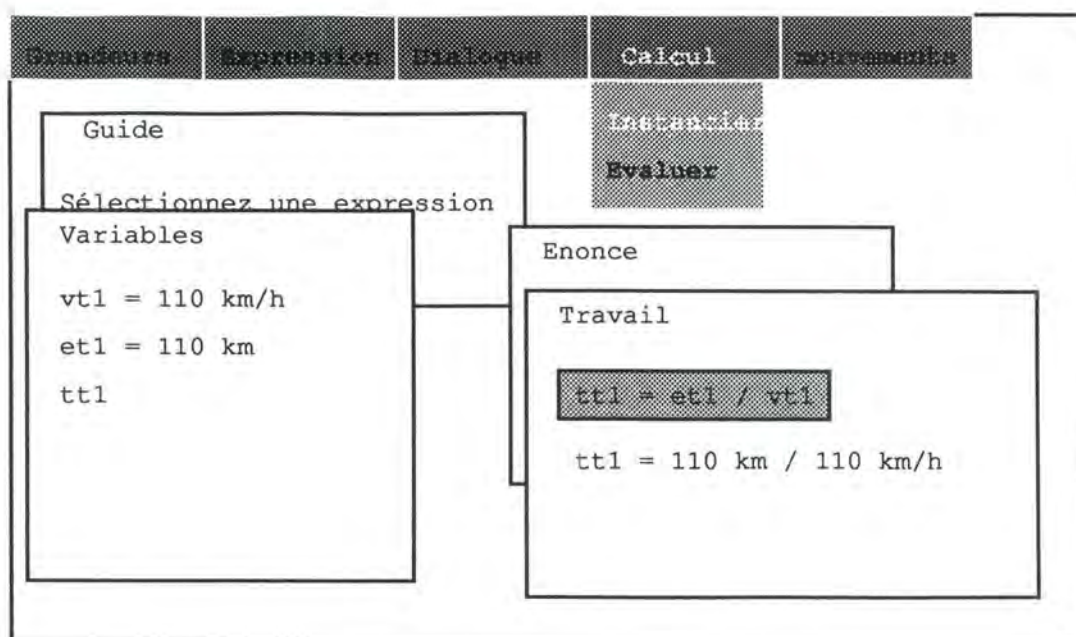


Figure 2.41. : L'étudiant demande d'instancier une expression

#### b) Evaluer

Pour évaluer une expression, l'étudiant choisit "calcul" dans le menu calcul. A nouveau, si l'étudiant n'a sélectionné aucune expression dans la fenêtre de travail, le système lui demande d'en sélectionner une. Le système évalue toutes les parties de l'expression qui ne font intervenir que des nombres réels.

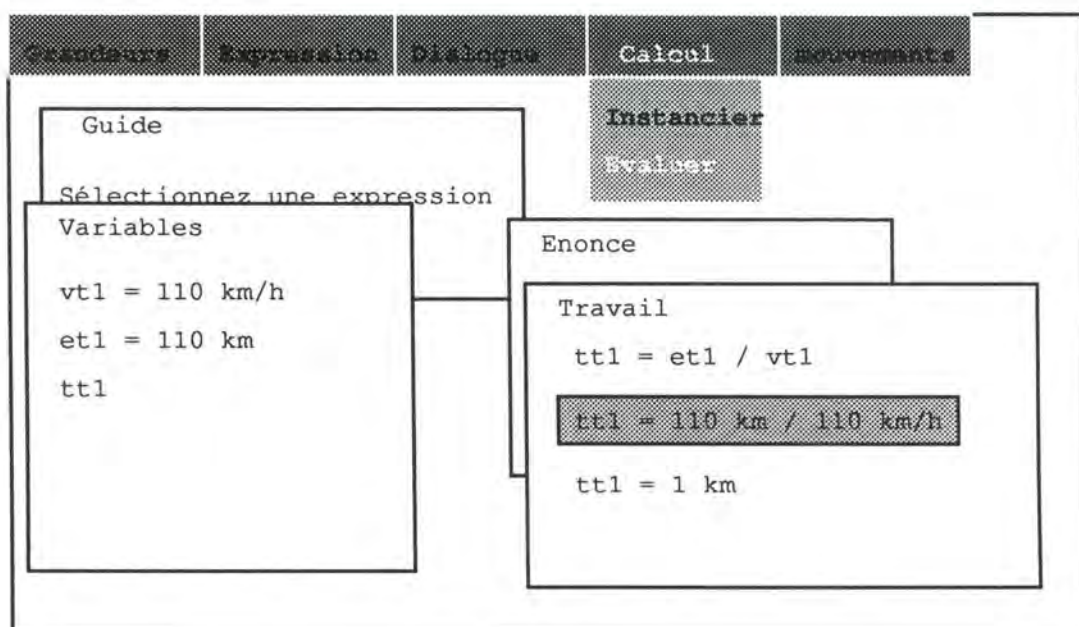


Figure 2.42. : L'étudiant demande d'évaluer une expression

## Le menu "Mouvement"

### a) Définir

Il y a deux façons et deux moments pour définir un mouvement : lors de l'insertion d'un nouvel élément dans la fenêtre variables ou en choisissant "définir" dans le menu mouvement.

Si l'étudiant choisit "définir" dans le menu mouvement, l'accompagnateur de résolution lui demande le nom du mobile en mouvement et le type du mouvement. L'étudiant fera en sorte que ces deux éléments permettent d'identifier le mouvement. Par exemple si un même mobile accélère, roule à vitesse constante puis décélère, l'étudiant parlera du mobile en phase d'accélération et du mobile en phase de décélération pour ne pas confondre les deux.

L'étudiant doit sélectionner dans l'énoncé l'expression désignant le mobile. S'il ne le fait pas, l'accompagnateur de résolution le lui rappelle.

Le nouveau mouvement reçoit un numéro et est ajouté en bas de la fenêtre variables. Le système propose à l'étudiant de sélectionner une à une toutes les grandeurs de la fenêtre variables qu'il veut associer à ce mouvement.

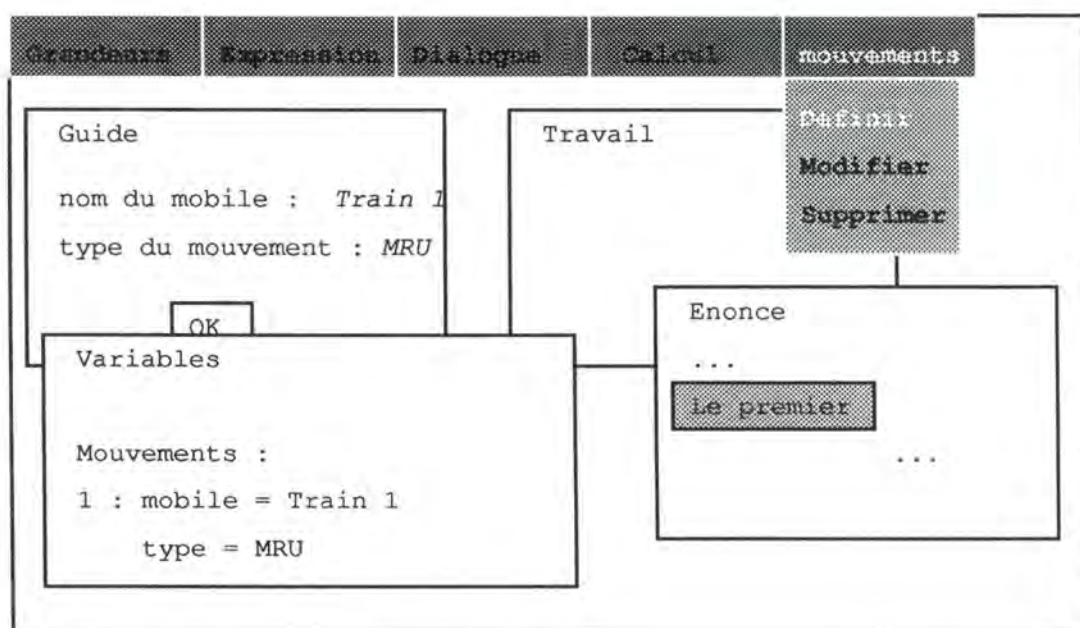


Figure 2.43. : L'étudiant définit un mouvement

### b) Modifier

La seule chose que peut modifier l'étudiant dans un mouvement défini est le nom du mobile en mouvement. Cette modification lui permettra peut-être de donner un nom plus précis quand le mobile est animé de divers mouvements de même type.



Pour pouvoir modifier ce nom, l'étudiant choisit "modifier" dans le menu mouvement.

### **c) Supprimer**

L'étudiant ne peut supprimer un mouvement que s'il n'est associé à aucune grandeur. Pour le supprimer, il choisit "supprimer" dans le menu mouvement.

## **2.3. Les modules utilisés**

Pour permettre l'accompagnement de l'étudiant dans la résolution de l'exercice, le système a besoin de plusieurs modules : un générateur de formules, un générateur d'aide, un correcteur, un résolveur d'équations et un *convertisseur* d'unités.

### **a) Générateur de formules :**

Le générateur de formules reçoit du professeur deux fichiers : l'un contenant les formules correctes, l'autre les formules erronées.

Il recherche dans ces fichiers les formules qui font intervenir la grandeur de la sélection et les variables déjà introduites par l'utilisateur. Il transmet ces formules.

### **b) Générateur d'aide :**

S'il n'y a aucune sélection, le générateur d'aide fait appel au correcteur. Dans ce cas, le correcteur peut envoyer quatre types de messages. S'il existe, il envoie le premier élément (grandeur ou valeur) qui a un conflit entre son rôle et la sélection de son expression dans l'énoncé ; sinon, il envoie la première expression erronée s'il y en a une ; sinon, le correcteur envoie l'un des messages suivants : "l'exercice est fini", "l'exercice n'est pas fini".

Si le générateur d'aide reçoit du correcteur un élément qui présente un conflit entre son rôle et la sélection de son expression dans l'énoncé, il le met en évidence dans la fenêtre variables.

Si le générateur d'aide reçoit du correcteur la première expression erronée, il la met en évidence dans la fenêtre de travail.

Sinon, si l'exercice n'est pas fini, le générateur d'aide met en évidence dans l'énoncé la première sélection que l'étudiant n'a pas utilisée et qui a une question d'accompagnement du type "Ne faut-il pas utiliser l'élément sélectionné dans l'énoncé ?"<sup>11</sup>. S'il n'y a aucune sélection vérifiant ces deux propriétés dans l'énoncé, le générateur d'aide demande à l'étudiant de préciser l'aide qu'il veut.

---

<sup>11</sup> Voir le chapitre 3 de la première partie : L'aide. (page 22)

Enfin, si l'exercice est fini, le générateur d'aide envoie le message : "L'exercice est fini."

**Si une sélection est faite**, l'aide qui sera générée dépendra de cette sélection.

Si l'étudiant a sélectionné un champ dans l'énoncé, le système recherche le champ du professeur qui y correspond.

S'il s'agit d'un champ auquel le professeur a associé un commentaire, ce commentaire est donné à l'étudiant. Sinon, le générateur d'aide analyse les deux cas suivants :

- Si le champ sélectionné dans l'énoncé est l'expression d'une grandeur, le générateur d'aide regarde si l'étudiant a mis ce champ en relation à une de ses grandeurs. Dans l'affirmative, celle-ci est mise en évidence dans la fenêtre variables. S'il ne l'a pas déjà fait, le système demande à l'étudiant le rôle et le numéro du mouvement associés à cette grandeur. Le système vérifie que c'est correct et le signale à l'étudiant. En cas d'erreur, le système peut donner la bonne réponse à l'étudiant.

Si l'étudiant n'a pas associé le champ de l'énoncé à la grandeur correspondante, le système lui demande de le faire en introduisant une nouvelle grandeur ou en associant le champ à une grandeur qui existe déjà. S'il ne parvient pas à trouver la grandeur, le système donne le rôle et le numéro du mouvement associés au champ sélectionné. Si ce même rôle et ce même numéro de mouvement sont déjà associés à une grandeur de la fenêtre variables, le système la met en évidence.

- Si le champ sélectionné dans l'énoncé est l'expression d'une valeur ou de la raison implicite de l'attribution d'une valeur, le générateur d'aide regarde si l'étudiant a mis ce champ en relation à une des valeurs qu'il utilise. Dans l'affirmative, celle-ci est mise en évidence dans la fenêtre variables. Le système vérifie que la bonne valeur est attribuée à la bonne grandeur et le signale à l'étudiant. En cas d'erreur, le système peut donner la bonne réponse à l'étudiant.

Si l'étudiant n'a pas associé le champ de l'énoncé à la valeur correspondante, le système lui demande de sélectionner soit la valeur dans la fenêtre variables, soit la grandeur à laquelle il faut attribuer cette valeur. Si cette grandeur n'a pas encore été introduite, le système le signale.

Si l'étudiant a sélectionné une expression dans la fenêtre de travail, le générateur d'aide fait appel au correcteur. Dans ce cas, le correcteur peut renvoyer deux types de messages : le type d'erreur ou "l'expression est correcte". Le générateur d'aide donne le message à l'étudiant dans une fenêtre intermédiaire.

Si l'étudiant a sélectionné une grandeur dans la fenêtre variables, le générateur d'aide demande à l'étudiant de lui associer un rôle et un numéro de mouvement s'il ne l'a déjà fait. Une fois ces renseignements donnés, le générateur d'aide peut identifier la variable. Ainsi, si un champ est associé à la grandeur, le générateur d'aide vérifie qu'il

s'agit du bon champ. Si aucun champ n'est associé à la grandeur, le générateur d'aide vérifie qu'il n'existe en effet aucun champ à associer. Dans la négative, le générateur d'aide prévient l'étudiant et lui demande de sélectionner le champ dans l'énoncé. Si l'étudiant ne le trouve pas, le générateur d'aide peut le lui montrer. S'il n'y a pas d'erreur, le générateur d'aide le signale.

Si l'étudiant a sélectionné une valeur dans la fenêtre variables, le générateur d'aide regarde à quelle grandeur elle est attribuée (dans la même fenêtre). Ainsi, le générateur d'aide vérifie que le champ associé, s'il existe, est correct. De même si aucun champ n'est associé, le générateur d'aide vérifie que c'est normal. Il signale à l'étudiant si le champ associé est correct ou si le fait de ne pas avoir associé de champ est normal.

### **c) Correcteur :**

La correction se fait en arrière plan au fur et à mesure que l'étudiant résout l'exercice.

A chaque formule choisie, le système sait si elle est correcte ou non en fonction du fichier dans lequel elle a été choisie.

Il n'y a aucune erreur d'instanciation puisque c'est le système qui s'en charge.

Il peut y avoir des erreurs de calcul si les bonnes unités n'ont pas été utilisées.

On suppose que les rôles donnés sont corrects.

On suppose que les sélections sont correctes.

S'il y a un conflit entre le rôle donné à un élément et la sélection associée à l'élément, on suppose que c'est le rôle qui est correct.

En l'absence d'erreurs, le correcteur vérifie que l'exercice est fini : Les grandeurs résultat ont-elles toutes une valeur ? Ces valeurs sont-elles correctes ?

Il y a trois types d'erreurs : formules erronées utilisées, erreur de calcul à cause d'unités non compatibles, conflit entre rôle et sélection associés à un même élément.

### **d) Résolveur d'équations :**

Le système peut résoudre des systèmes d'équations à plusieurs inconnues. Il faut dans ce cas sélectionner dans la fenêtre de travail autant d'équations qu'il y a d'inconnues. Si le système a une solution, elle est écrite dans la fenêtre de travail. S'il y a plusieurs solutions, le système les propose dans une fenêtre intermédiaire et l'étudiant choisit celle qu'il veut.



***e) Convertisseur d'unités :***

L'étudiant sélectionne la valeur (nombre + unité) dans la fenêtre variables et demande de convertir cette valeur dans l'unité qu'il choisit.

Les structures de données nécessaires à une implémentation sont présentées ici, vient ensuite la structure du programme dans les grandes lignes. Comme dans un texte Pascal, sont d'abord présentées les constantes utilisées, ensuite les types et enfin, ce qui nous intéresse le plus : les variables.

### Constantes

Quatre constantes sont utilisées :

*e\_Nb\_Colonne*s = 78;

*e\_nb\_ligne*s = 5;

*{Nombre de colonnes et de lignes dans la fenêtre énoncé}*

*NbMaxMouv* = 2;

*{Pour un type de mouvement (MRU ou MRUA), c'est le nombre de mouvements différents que l'on accepte}*

*NbMaxTemps* = 2;

*{Pour une variable, c'est le nombre de moments différents que l'on accepte de considérer}*

### Types

Plusieurs types sont définis :

Le premier type est celui des champs de l'énoncé : *num1* représente le numéro du caractère blanc situé juste avant le premier mot de la sélection, *num2* représente le numéro du caractère blanc situé juste après le dernier mot et *motcle1* est le numéro de la première lettre du mot clé (on n'accepte qu'un seul mot clé).

Une petite astuce : pour ne pas avoir un champ supplémentaire pour dire s'il s'agit, pour une valeur, de la sélection de son expression explicite ou de la sélection de la raison implicite du choix de cette valeur, *motcle1* sera incrémenté de (*e\_Nb\_Colonne*s\**e\_nb\_ligne*s+1) dans le cas de la sélection d'une raison implicite.

*tSelection* = record

*num1* : 0..*e\_Nb\_Colonne*s\**e\_nb\_ligne*s;

*num2* : 0..*e\_Nb\_Colonne*s\**e\_nb\_ligne*s;

*MotCle1* : 0..*e\_Nb\_Colonne*s\**e\_nb\_ligne*s\*2+1;



*end;*

D'autres types sont définis pour donner les unités et le type de mouvement :

```
tUnite = string[4]; {m, s, mps, mps2}  
tType = (A, U); {A pour MRUA et U pour MRU}
```

Le type *tMobile* permet d'associer le nom du mobile et son expression dans l'énoncé :

```
tMobile = record  
    nom : string[20];  
    selec : tSelection;  
end;
```

Le type *tMouvement* permet de donner pour un mouvement le mobile (nom et sélection) et l'indice correspondant :

```
tMouvement = record  
    mobile : tMobile;  
    indice : string[5];  
end;
```

Le type *tRole* donne le rôle d'une grandeur, le type *tMoment* donne le nom d'un moment considéré :

```
tRole = string[17];  
{'temps initial', 'vitesse initiale', 'espace initial', 'temps', 'vitesse constante', 'vitesse', 'espace',  
'accélération'}
```

```
tMoment = string[9];  
{nom donné à un moment - ex : t_cherché}
```

Le type *tValeur* sera utilisé pour donner la *valeur* (nombre et unité) et la sélection d'une valeur :

```
tValeur = record  
    nombre : string;  
    {un nombre, * (pour dire qu'aucune valeur n'est donnée), ? ou ?? pour dire que la valeur doit être  
calculée}  
    unite : tUnité;  
    selec : tSelection;  
    {la sélection de la valeur dans l'énoncé. Rappelons qu'elle est supérieure à  
e_Nb_Colonne*e_nb_lignes s'il s'agit de la sélection de la raison implicite}  
end;
```

Le type `tElement` sera utilisé pour donner le nom, le rôle, la valeur et la sélection d'une grandeur, le mouvement auquel elle appartient et le moment où elle est considérée (ce moment = 'constant' pour les paramètres) :

```
tElement = record
    nom : string[12];
    NumMouvement : 1..NbMaxMouv;
    role : tRole;
    valeur : tValeur;
    selec : tSelection;
    MomentConsidere : tMoment; {='constant' pour les paramètres}
end;
```

Un mouvement est décrit par un mobile, un indice, des grandeurs, leurs valeurs, et des sélections de différents éléments dans l'énoncé. Nous avons choisi de donner un numéro à chaque mouvement : 1 ou 2 pour MRU et 1 ou 2 pour MRUA.

L'ensemble de l'énoncé pourra être décrit dans quatre tableaux.

Les deux premiers tableaux (un pour les MRU et un pour les MRUA) nous donnent le nom et l'indice correspondant au mobile. Pour avoir le numéro du mouvement correspondant, il suffit de regarder l'indice dans le tableau (1 ou 2).

Les deux autres tableaux (à nouveau un pour chaque type de mouvement) sont aussi composés de seulement deux éléments (indice = 1 ou 2 = n° du mouvement) mais chacun de ces éléments est un tableau comprenant pour un mouvement donné toutes les grandeurs.

Pour décrire cela, les es types suivants sont nécessaires :

```
tTabMouv = array [1..NbMaxMouv] of tMouvement;
    {Pour donner le nom d'un mobile et l'indice d'un mouvement U ou A. On aura donc deux variables de ce type-là.}
```

```
tTabElementU = array [1..3+2*NbMaxTemps] of tElement;
    {Pour décrire les éléments d'un mouvement U. Les indices de 1 à 3 décriront les paramètres et de 4 à 7, les variables : 4 et 5 les 2 variables au temps t1, 6 et 7 les 2 variables au temps t2}
```

```
tTabElementA = array [1..4+3*NbMaxTemps] of tElement;
    {Pour décrire les éléments d'un mouvement A. Les indices de 1 à 4 décriront les paramètres et de 5 à 10, les variables : 5, 6 et 7 les variables au temps t1, 8, 9 et 10 les variables au temps t2}
```

```
tTabMouvU = array [1..NbMaxMouv] of tTabElementU;
```

```
tTabMouvA = array [1..NbMaxMouv] of tTabElementA;
    {Ces deux types reprennent toutes les grandeurs de tous les mouvements. On aura donc une variable de chacun de ces types}
```

Enfin, un dernier type permettra de ranger l'énoncé :

```
tEnonce = array[1..e_nb_lignes*e_nb_Colonnes -1] of char;  
  {On ne peut pas écrire dans la dernière case pour empêcher le défilement de la fenêtre}
```

Certains types doivent être ajoutés pour retenir les variables de l'étudiant :

```
tExpr = record  
  NrExpr : integer; {n° d'enregistrement dans l'un des fichiers de formules}  
  Juste : boolean; {Formule correcte ou non}  
  type : (F,I,E); {Formules, instanciation ou évaluation}  
  origine : integer; {Instanciation ou évaluation de quoi : n° dans ce même tableau}  
  suite : integer; {Répercussion des modifications de l'expression suivante}  
end;  
  
tTabExpr = array [1..NMaxExpr] of tExpr;
```

## Variables

Voici les différentes variables qui vont être utilisées.

La première variable contiendra l'énoncé.

```
Enonce_brut : tEnonce;
```

Les deux variables suivantes contiendront le nombre réel de mouvements de chaque type :

```
NbMouvA, NbMouvU : 0..NbMaxMouv;  
  { ainsi, on saura le nombre d'éléments à considérer dans les tableaux }
```

Les deux variables suivantes contiendront le nombre réel de moments à considérer pour chaque mouvement :

```
NbTempsA, NbTempsU : array [1..NbMaxMouv] of 0..NbMaxTemps;
```

*MouvA* et *MouvU* donnent pour chaque mouvement le nom du mobile, sa sélection et l'indice correspondant :

```
MouvA, MouvU : tTabMouv;
```

Les deux dernières variables donnent, pour chaque mouvement, la liste des grandeurs, leur valeur et les sélections.

*TabMouvA : tTabMouvA;*

*TabMouvU : tTabMouvU;*

*{Il ne faudra considérer dans ces tableaux que les éléments réellement utilisés. On peut les connaître grâce aux variables NbMouvA, NbMouvU, NbTempsA et NbTempsU.}*

On a aussi les deux fichiers de formules :

*Fich\_ok\_Formule, Fich\_non\_okFormule : file of string;*

Pour l'étudiant :

*Tab\_Var : tTabVar;            {décrit le contenu de la fenêtre variable}*

*Tab\_Selec : tTabselec;        {décrit l'ensemble des sélections à un moment donné}*

*Tab\_Expr : tTabExpr;        {décrit le contenu de la fenêtre de travail}*

Ainsi, le système peut retenir sans trop de place toutes les expressions de la fenêtre de travail et surtout répercuter les modifications. Dans le schéma suivant, on donne un exemple de fenêtre de travail et la représentation de la variable la représentant. Par simplification, nous avons donné le même nom aux grandeurs de l'étudiant et à celles du professeur.

Fenêtre de travail :

et1.1(t\_cherché) = vt1.1 \* t\_cherché

et1.1(t\_cherché) = 110 km/h \* t\_cherché

et2.2(t\_cherché) = vt1.1 \* t\_cherché

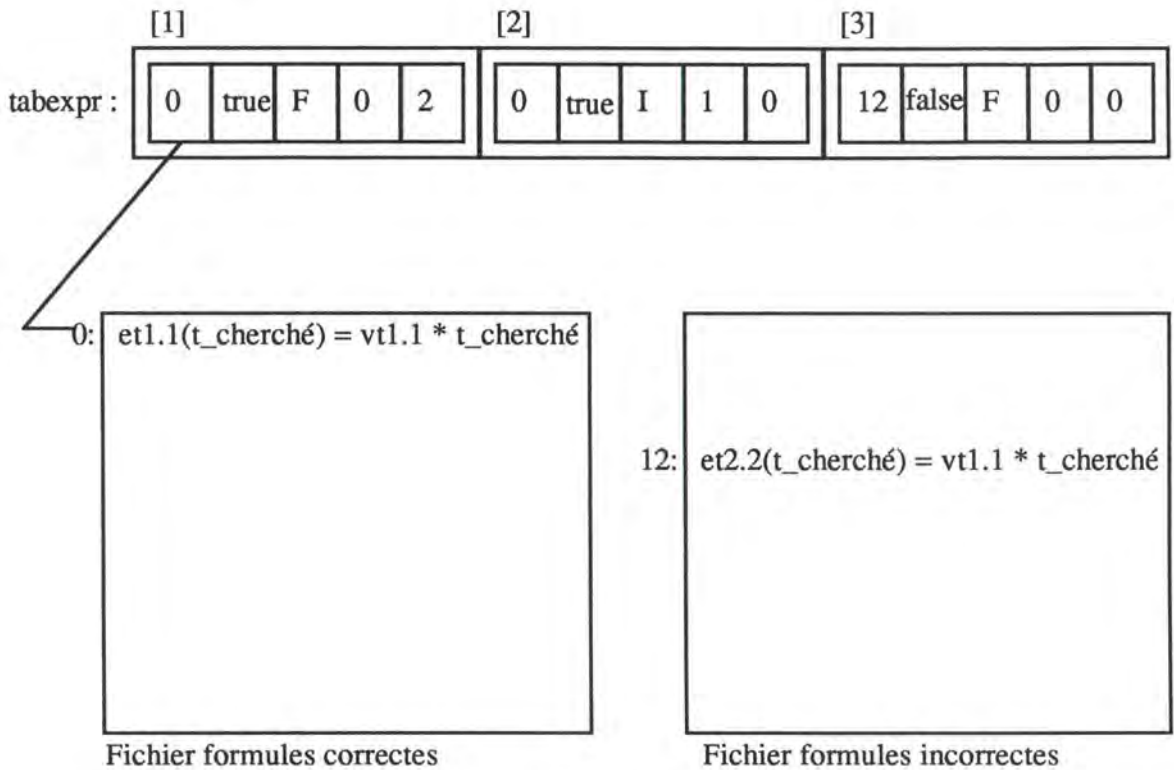


Figure 2.44. : Structure de données pour les expressions de la fenêtre de travail de l'étudiant.

## Programme

### Editeur d'énoncé :

```
{ initialiser les fenêtres }
Init_Windows;

{ initialiser les variables }
Init;

{ }
```



Saisir\_Enonce;  
Description;  
Formules; (directement sauvées sur disque dans deux fichiers : formules correctes et incorrecte)  
Enregistrer; (sauve sur disque l'énoncé et sa description)

### **Accompagnateur de résolution :**

{ initialiser les fenêtres }  
Init\_Windows;

{ charger l'énoncé et sa description pour initialiser les variables - les formules sont laissées sur disque }  
Init\_prof;

{ initialiser les variables de l'étudiant }  
Init\_eleve;

En fonction du choix dans les menus :

Inserer\_var;  
Supprimer\_var;  
Modifier\_var;  
Valeur\_var;  
Formule\_expr; (appel au générateur de formules)  
Supprimer\_expr;  
Aider\_dlg; (appel au générateur d'aide)  
Sauver\_dlg;  
Charger\_dlg;  
Finir\_dlg; (appel au correcteur)  
Instancier\_clc;  
Evaluer\_clc;  
Definir\_mvt;  
Modifier\_mvt;  
Supprimer\_mvt;

### **Générateur de formules :**

Ouvrir le fichier de formules correctes;  
Ouvrir le fichier de formules incorrectes;  
Répéter  
    Lire une formule correcte si pas fin de fichier;  
    Si elle contient la grandeur sélectionnée et aucune grandeur non mise en évidence  
        L'ajouter à la liste  
    Lire une formule incorrecte si pas fin de fichier;

Si elle contient la grandeur sélectionnée et aucune grandeur non mise en évidence  
L'ajouter à la liste  
Si la liste est assez grande, la proposer à l'étudiant (mélangée)<sup>2</sup>;  
Jusqu'à ce que l'étudiant ait choisi une formule ou fin des deux fichiers

### **Générateur d'aide :**

Si pas de sélection :  
appel au correcteur;  
En fonction du type de l'erreur :  
Mettre en évidence la grandeur;  
Mettre en évidence l'expression;  
Mettre en évidence le premier champ de l'énoncé oublié;  
Message : pas d'erreur;  
Message : exercice fini;  
Si une sélection dans l'énoncé :  
En fonction du type de la sélection :  
Aide\_Champ\_avec\_commentaire;  
Aide\_Grandeur;  
Aide\_Valeur;  
Si sélection dans la fenêtre de travail :  
appel au correcteur;  
Message : 'expression correcte ou non'  
Si sélection dans la fenêtre variables :  
Aide\_variables;

### **Correcteur :**

A chaque choix de formules : mettre à jour le tableau expr;  
A la demande : vérifier la compatibilité des unités;  
A la demande : vérifier les conflits;  
A la demande : vérifier la terminaison;

### **Résolveur d'équations :**

Possibilité de résoudre des systèmes jusqu'à quatre équations à quatre inconnus. (Il y a au plus quatre mouvements).

### **Convertisseur d'unité :**

L'étudiant sélectionne la valeur (=valeur + unité) et choisit les nouvelles unités. Le convertit les unités.

## Conclusions

### **Point de vue pédagogique :**

Nous avons veillé à ce que l'étudiant ne doive pas maîtriser le logiciel pour pouvoir l'utiliser. Il pourra se contenter de suivre les instructions données par l'accompagnateur de résolution. Pour cette raison, le logiciel impose au professeur une grande maîtrise : maîtrise de la matière mais aussi maîtrise du fonctionnement et des concepts présentés tout au long de ce mémoire.

Nous avons également veillé à empêcher l'automatisation de la résolution : autant la description donnée par le professeur est rigoureuse, autant celle de l'étudiant peut revêtir diverses formes. L'étudiant commence la résolution en mettant quelques grandeurs en évidence, il le ferait aussi sans ce logiciel ; ensuite, il choisit les formules adéquates, les instancie et les évalue. Un reproche : l'étudiant ne peut pas entrer ses propres formules.

Le logiciel concentre l'étudiant sur un seul problème : la résolution de l'exercice en distinguant bien les mouvements. Il est difficile parfois de distinguer les erreurs dues à la non connaissance de la matière concernant les mouvements rectilignes et les erreurs d'attention, de calcul. Avec ce logiciel, l'étudiant sera aidé pour les conversions de données, pour les calculs et surtout pour les répercussions des modifications. Adieu les résolutions embrouillées

### **Point de vue programmation :**

Lors de l'implémentation définitive du didacticiel, il faudra veiller à deux points qui nous paraissent importants : concevoir un système très convivial et donner la possibilité à l'étudiant de faire au moins tout ce qu'il pourrait faire dans un cahier. L'utilisation de l'informatique dans une classe ne doit pas être perçue comme une contrainte mais comme une aide.

Nous sommes parvenu à trouver des structures de données adéquates. Il reste encore du chemin avant une implémentation définitive. Mais la preuve est faite que c'est possible.

### **Développements futurs :**

Il serait très intéressant d'ajouter quelques éléments à notre système. Notamment, nous avons pensé introduire un simulateur de trajectoire. Il pourrait être utilisé par l'étudiant qui donnait ses propres valeurs aux éléments.

La non connaissance du niveau de l'élève par le système rend celui-ci très verbeux : il faut tout dire à l'étudiant alors qu'il en est peut-être à sa cinquantième exécution et qu'il connaît le déroulement par cœur. Il faut également tout demander à l'étudiant alors que le système pourrait deviner ce qu'il fait s'il connaissait son niveau.

Le travail de reformulation de l'aide par le professeur est assez fastidieux. On pourrait concevoir un système où quelques règles élémentaires de français seraient implicitement connues. La tâche du professeur en serait facilitée : une grande partie l'aide pourrait être complètement automatisée, le professeur n'aurait plus qu'à donner les liens entre l'énoncé et les différents éléments. Toutefois, il est important, pour ne pas lasser l'étudiant, que le professeur prévoit une aide variée et propre à un énoncé.

## Bibliographie

A. Delaruelle, A.I. Claes

Eléments de physique, tome 1.

ed. De Boeck-Wesmael s.a. (Namur), 1988.

G. Hittelet

Physique 3<sup>e</sup>, option de base

ed. De Boeck-Wesmael s.a. (Namur), 1992.

M. Mahieu, R. Ghislain

Leçons de Physique, premier volume : Mécanique - série 2

ed. AD. Wesmael-Charlier s.a. (Namur), 1981.

A. Meessen

Physique : mécanique

ed. AD. Wesmael-Charlier s.a. (Namur), 1990.



### **Quelques exercices proposés dans le livre de Hittelet : Physique troisième, option de base**

Voici les exercices du livre qui ne peuvent être traités par le didacticiel :

1. Convertir les vitesses suivantes :

- a) 8 m/s en km/h      b) 32m/s en km/h
- c) 45 km/h en m/s      d) 1km/h en m/s

17. Résolvez par graphique:

Soient deux villes A et B séparées par 130 km. A 8 h, un bus part de A et roule vers B à une vitesse constante de 50 km/h. Après chaque heure de route, il s'arrête 1/2 heure, puis repart ensuite à la même vitesse. Il roule de cette manière jusqu'à B. A 8 h 30 min, une mobylette part de B et roule vers A à une vitesse constante de 40 km/h. A 9h, une voiture part de A, sa vitesse constante est de 80 km/h.

Chercher:

- a) l'heure d'arrivée du bus;
- b) l'heure d'arrivée de la mobylette;
- c) l'heure d'arrivée de la voiture;
- d) la distance de A à laquelle la voiture dépassera le bus;
- e) l'heure à laquelle la voiture dépassera le bus;
- f) quel véhicule la mobylette rencontrera-t-elle en premier lieu;
- g) à quelle heure et à quel endroit;

h) la durée entre le moment où la mobylette rencontre le premier véhicule et le deuxième.

18. Réolvez par graphique :

Deux villes A et B sont distantes de 60 km. Deux cyclistes, S et M partent respectivement de A à 13 h et de B à 14 h. Ils roulent à la rencontre l'un de l'autre à la vitesse de 15 km/h. Au moment où il se rencontrent, ils s'arrêtent 10 minutes puis M fait demi-tour et accompagne S pendant 10 autres minutes en roulant toujours à 15 km/h. Ils se quittent enfin, S poursuivant sa route et M revenant vers A.

- a) Quand la rencontre a-t-elle lieu ?
- b) A quelle distance de B ?
- c) A quelle vitesse S devra-t-il rouler pour arriver à B à 17 h ?
- d) A quelle vitesse M devra-t-il rouler pour arriver à A à 18 h ?

19. Réolvez par graphique :

Une ligne de chemin de fer relie les villes A, B, C et D. Elles sont situées dans cet ordre sur la ligne et se trouvent respectivement aux bornes kilométriques 0, 80, 140 et 260. Tous les trains s'arrêtent dans toutes les gares. Un train n°1 part de A à 10 h, il roule vers D à une vitesse constante de 100 km/h. Ses arrêts sont de 10 min. Un train rapide n°2 part de A à 10 h 30 min, il roule aussi vers D à une vitesse de 120 km/h. Il ne s'arrête que 5 min. dans chaque gare. Un train n°3 part de D, roule à une vitesse constante de 80 km/h et arrive à la première gare rencontrée à 12 h 10 min. Il observe lui des arrêts de 10 minutes.

Etablir la grille horaire de chaque train.

Quelles sont les coordonnées des rencontres : des trains n°1 et 2 ? Des trains n°2 et 3 ?

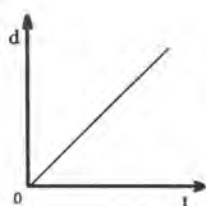
29. Un mobile subit une accélération de  $3 \text{ m/s}^2 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$  pendant  $10 \text{ s} \pm 0.5 \text{ s}$ .

Déterminer la distance parcourue et la vitesse atteinte.

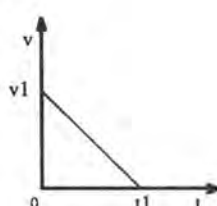
Calculer les incertitudes.

31. Un des facteurs qui influence le plus la sécurité routière est certainement la vitesse. Imaginons deux véhicules roulant à des vitesses de 100 et 140 km/h et se trouvant à un moment donné côte à côte. Si à cet instant les deux conducteurs freinent pour s'arrêter le plus rapidement possible, le premier véhicule s'arrêtera, bien sûr, le premier. Quelle sera la vitesse du second à l'endroit où le premier est arrêté? On suppose que les possibilités de décélération des deux véhicules sont égales.
38. Donner un maximum de renseignements à propos des mouvements représentés par les graphiques suivants :

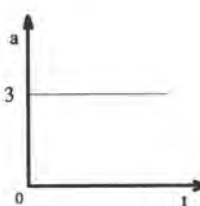
①



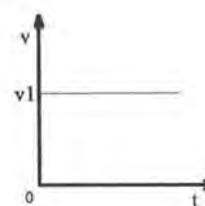
②



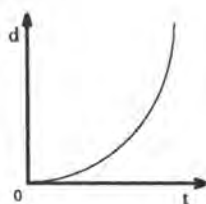
③



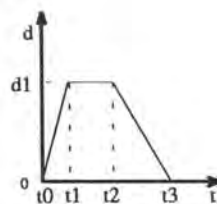
④



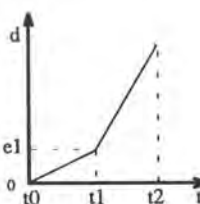
⑤



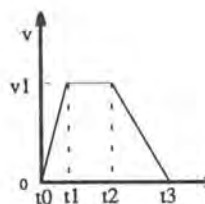
⑥



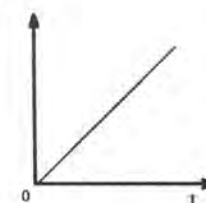
⑦



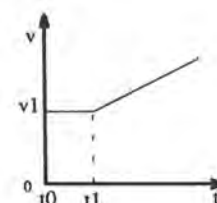
⑧



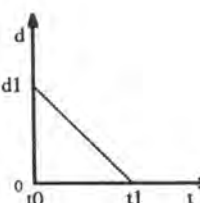
⑨



⑩



⑪



⑫

